



Pro gradu -tutkielma  
Fysiikan opettajan suuntautumisvaihtoehto

KONSTRUKTIVISMIN ALALAJIEN ILMENEMISESTÄ LUKION FYSIIKAN  
OPETUSSUUNNITELMAN PERUSTEISSA

Pyry Noras

25.10.2017

Ohjaaja: Ari Hämäläinen

Tarkastajat: Ari Hämäläinen  
Ismo T. Koponen

HELSINGIN YLIOPISTO  
FYSIIKAN LAITOS

PL 64 (Gustaf Hällströmin katu 2)  
00014 Helsingin yliopisto



Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Matemaattis-luonnontieteellinen		Laitos/Institution– Department Fysiikan laitos	
Tekijä/Författare – Author Pyr Noras			
Työn nimi / Arbetets titel – Title Konstruktivismin alalajien ilmenemisestä lukion fysiikan opetussuunnitelman perusteissa			
Oppiaine /Läroämne – Subject Fysiikan opettaja			
Työn laji/Arbetets art – Level Pro gradu -tutkielma		Aika/Datum – Month and year 25.10.2017	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 71
Tiivistelmä/Referat – Abstract <p>Lukion fysiikan opetuksessa tämän päivän keskeiset opetusteoriat ovat triviaali-, radikaali- ja sosiaalinen konstruktivismi. Fysiikan opetuksessa, aiemmin yleinen, teoreettinen lähestymistapa on saanut suurimmaksi osaksi väistyä konstruktivismin tieltä.</p> <p>Vuoden 2003 lukion opetussuunnitelma on laadittu radikaalin konstruktivismin mukaisesti, niiltä osin kuin se koskettaa kaikkia lukioaineita. Tässä opetussuunnitelman yleisessä osiossa on myös havaittavissa määrin sosiaalista ja triviaalia konstruktivismia. Opetussuunnitelman fysiikka käsittelevä osuus puolestaan noudattaa triviaalia konstruktivismia ja siitä on selvästi havaittavissa hahmottavan lähestymistavan vaikutukset.</p> <p>Vuoden 2015 lukion opetussuunnitelman yleinen osuus on edeltäjäänsä selvemmin radikaalin konstruktivistinen. Fysiikan osuus puolestaan toteuttaa entistä selvemmin hahmottavaa lähestymistapaa. Fysiikan osuus on siten triviaalin konstruktivismin mukainen. Näin ollen opetussuunnitelman yleisten ohjeiden ja fysiikan osuuden välillä on selkeä ristiriita, joka opetussuunnitelmassa jätetään huomiotta. Opetussuunnitelma on ristiriidassa itsensä kanssa. Fysiikan pitäytyminen triviaalin konstruktivismin mukaisessa oppimisteoriassa johtuu suoraan oppiaineen tietorakenteesta ja sen pyrkimyksestä kuvata ympäristöä havainnoijasta riippumatta.</p> <p>Ylioppilaskirjoitukset ovat muuttuneet sähköisiksi ja sitä kautta niiden lukio-opetusta ohjaava vaikutus on korostunut merkittävästi. Ylioppilaskokeen ainereaalin laadinnassa ja arvostelussa käytetään ohjenuorana Bloomin taksonomiaa, mikä on triviaalin konstruktivismin mukainen. Siten ylioppilaskirjoitukset poikkeavat filosofisesti lukion opetussuunnitelman yleiseen osioon verrattaessa, mutta ovat yhtenevät fysiikan vaatimusten osalta.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords konstruktivismi, lähestymistapa, fysiikan opetus, radikaali konstruktivismi, sosiaalinen konstruktivismi			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Kumpulan tiedekirjasto			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

# Sisällysluettelo

1 Johdanto .....	1
2 Oppimiskäsitykset.....	3
2.1 Realismi ja humanismi.....	3
2.1.1 Realistinen tiedonkäsitteys .....	3
2.1.2 Humanismi.....	3
2.1.3 Konstruktivismi yhdistää realismia ja humanismia .....	4
2.1.4 Realismin ja konstruktivismin vastakkainasettelu .....	5
2.2 Jako behaviorismiin ja konstruktivismiin .....	5
2.2.1 Konstruktivismin synty .....	8
2.3 Behaviorismi .....	9
2.3.1 Behaviorismin kehitys .....	9
2.3.2 Behaviorismin valtakausi.....	10
2.3.3 Behavioristinen metodi .....	10
2.3.4 Behaviorismia 2000 luvulla – Mastery learning.....	12
2.4 Konstruktivismi .....	13
2.4.1 Konstruktivismin perusajatus .....	13
2.4.2 Konstruktivismin laaja kirjo .....	14
2.5 Keskeisimmät konstruktivismin muodot: .....	16
2.5.1 Triviaali konstruktivismi.....	16
2.5.2 Radikaali konstruktivismi .....	17
2.5.3 Sosiaalinen konstruktivismi .....	18
2.5.4 Sosiaalinen konstruktionismi .....	19
3 Fysiikan eri lähestymistavat.....	20
3.1 Kokeellinen lähestymistapa .....	23
3.2 Hahmottava lähestymistapa .....	24
3.2.1 Fysiikan käsitteellinen rakenne.....	26
3.2.2 Havaintoja käsitteellisen tiedon tasoista .....	29
3.3 Historiallinen lähestymistapa.....	29

3.4 Teoreettinen lähestymistapa .....	30
3.5 Lähestymistavat nelikentässä.....	32
4 Lukion opetussuunnitelma 2003 .....	34
4.1 Humanistinen arvoperusta .....	34
4.2 Konstruktivistinen oppimiskäsitys.....	35
4.3 Aihekokonaisuudet – oppiainerajoja ylittävät avokannanotot.....	37
4.4 Fysiikan LOPS 2003 oppimiskäsitys .....	37
4.5 Fysiikan kurssien yhteiset ohjeet .....	39
4.6 Fysiikan kurssien sisällöt .....	40
5 Lukion opetussuunnitelma 2015 .....	42
5.1 Konstruktivistinen oppimiskäsitys.....	42
5.2 Yleisten oppimistavoitteiden mukaiset lähestymistavat (LOPS 2015).....	45
5.3 Ilmiöpohjaisuus opetuksen keskeisenä sisältönä .....	48
5.4 Fysiikan kurssien yhteiset ohjeet .....	50
5.5 Fysiikan opetuksen tavoitteet.....	52
5.6 Arviointi.....	53
5.7 Pakolliset ja syventävät kurssit .....	54
5.8 Fysiikan kurssit läpäisevä opintokokonaisuus .....	56
6 Ylioppilastutkinto .....	58
6.1 Ylioppilastutkinto on piilo-opetussuunnitelma.....	58
6.2 Fysiikan ylioppilaskokeen rakenne.....	61
6.2.1 Fysiikan ylioppilaskoe on triviaalin konstruktivismin mukainen.....	63
7 Yhteenveto .....	64
Lähteet .....	69

# 1 Johdanto

Uusi lukion opetussuunnitelma otettiin käyttöön 1.8.2016 (LOPS 2015), ja edellinen lukion opetussuunnitelma oli vuodelta 2003 (LOPS 2003). Pro gradu-tutkielmani mielenkiinnon kohteena oli aluksi, miten lukion opetussuunnitelman mukaan fysiikkaa tulee opettaa. Alkuperäinen tavoite oli käyttää opetussuunnitelman pedagogisia linjauksia vertailukohtana lukion oppimateriaalien analysoinnissa. Mistään ei kuitenkaan löytynyt opetussuunnitelmaa analysoituna fysiikalle ominaisten lähestymistapojen tulokulmasta, jolloin tämän seikan analysointi muuttuikin varsinaiseksi tehtäväksi. Luonnolliseksi tarkasteltaviksi opetussuunnitelmiksi valikoituivat käytöstä poistuva vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteet (LOPS 2003) ja uudempi käyttöön otettava LOPS (2015). Tarkastelu kohdistuu siten vuosien 2003 ja 2015 lukion opetussuunnitelmiin.

Uuden lukion opetussuunnitelman analysointi fysiikan osalta edellyttää eri fysiikan oppimisteorioiden ymmärtämistä, jotta voidaan havainnoida, mitä opetussuunnitelman laatijat missäkin kohtaa tavoittelevat ja tarkoittavat. Fysiikan osalta ei voida rajoittua tarkastelemaan pelkästään opetussuunnitelmassa fysiikan oppiaineen alla olevia kurssikuvauksia, vaan pitää myös tarkastella kaikkia aineita koskettavaa yleistä osiota. Tämän kaikille kursseille yhteisen osion analysointi vaatii taustateoriaksi vallitsevat yleiset oppimisteoriat, menneet ja nykyiset. Tällöin lukion opetussuunnitelman perusteita pystyy tulkitsemaan oikeassa kontekstissa.

Toisessa luvussa hahmotellaan oppimiskäsitysten historiaa ja tehdään jaottelua eri suuntauksiin. Näin luodaan yleiskatsaus oppimisen teorioiden laajaan ja osin sekavaan kenttään. Keskeisesti fysiikan opettamiseen liittyvät lähestymistavat esitellään kolmannessa luvussa. Tietoja näiden lähestymistapojen eroista tarvitaan, jotta lukion opetussuunnitelmia voidaan tutkia, arvioida, analysoida ja luokitella niiden sisältöjä ja tarkoitusperiä. Lukion opetussuunnitelman toteutumista testaava ylioppilaskoe ja ennen kaikkea sen uudistus pitää myös huomioida merkittävänä vaikuttajana lukion koulukohtaiseen opetussuunnitelmaan ja sen vaikutukseen opetusta ohjaavana

tekijänä. Siten on perusteltua esittää ylioppilaskirjoitusten vaikutus lukio-opetukseen opetussuunnitelman rinnalla. Ylioppilaskirjoituksia voi hyvällä syyllä kutsua piilo-opetussuunnitelmaksi, sillä se lukion päättävänä mittarina ja korkeakouluun pääsyn mahdollistajana asettaa tavoiteltavan riman.

## 2 Oppimiskäsitykset

### 2.1 Realismi ja humanismi

#### 2.1.1 Realistinen tiedonkäsitys

Realistinen oppimiskäsitys lähtee liikkeelle todellisesta havaittavasta maailmasta. Realistisen todellisuudenkäsityksen mukaan suuri osa todellisuudesta on riippumatonta ihmisen sitä koskevista käsityksistä. Oikean käsityksen saaminen todellisuudesta edellyttää, että ihminen pääsee kosketuksiin todellisuuden kanssa. (Puolimatka 2002) Realistista tietoa maailmasta saadaan vielä tarkemmin, kun todellisuutta ryhdytään selvittämään kokeellisesti. Tällöin puhutaan *empiristisestä* tiedonkäsityksestä. (Tynjälä 1999) Kokeellisesti tutkimalla ihmisten ja eläinten ulkoista käytöstä on päädytty behavioristiseen oppimiskäsitykseen, joka siten edustaa empiristis-objektiivista tiedonkäsitystä (Puolimatka 2002; Tynjälä 1999).

#### 2.1.2 Humanismi

Humanismi itsessään ei ole mikään yhtenäinen koulukunta, vaan pikemminkin suuntaus, jonka sisällä on moninaisia ihmisen arvoa, ainutlaatuisuutta ja luovuutta korostavia ideologioita. Kaikkia humanistisia suuntauksia yhdistää henkisen minäkäsityksen (self) korostaminen ihmisen kehityksessä ja elämässä (Rauste-von Wright, von Wright 1994). Humanismin mukaan ymmärrys syntyy vain ajattelun kautta. Samalla myös tiedon olemus perustuu ajatteluun, eikä havaintoihin. Tiedon tuottaminen *reflektoimalla* kokemuksellisen oppimisen jälkeen on yksi humanistisista työtavoista. Rauste-von Wright Maija ja von Wright Johan (1994) kuvaavat humanistista opetusmenetelmää seuraavasti:

*Humanistisen psykologian perinteessä kokemuksellisen oppimisen menetelmät on pitkälti johdettu ihmisen "perusluonnetta" koskevasta näkemyksestä: niiden on katsottu palvelevan yksilön henkistä kasvua ja hänen yksilöllisen minänsä kehitystä ja vapautumista. Menetelmien käytössä on korostettu prosessien luovaa luonnetta ja itseohjautuvuutta, yksilön itsensä toteuttamista.*

Humanismissa korostaa siten yksilön tasolla tapahtuvaa henkistä kasvua.

### 2.1.3 Konstruktivismi yhdistää realismia ja humanismia

Konstruktivismi syntyi yhdistämällä realistisen ja humanistisen oppimiskäsityksen (kuva 2.1), siten konstruktivismilla ja realismilla on paljon yhtymäkohtia. Konstruktivismin mukaan ihminen rakentaa todellisuutensa ja ymmärryksensä rakentamalla (konstruoimalla) ympäristöstä tekemistään havainnoista oman todellisuutensa, liittämällä uuden tiedon osaksi vanhaa tietämystään. Konstruktivismi yhdistää ihmisen ajattelun tiedon rakentamisessa ja käyttää ajattelun polttoaineena realismin keinoin ympäristöstä tehtyjä havaintoja. Siten konstruktivismissa yhdistyvät realismi ja humanismi, vaikka radikaalit konstruktivistit pyrkivät tämän kieltämään (Puolimatka 2002).



Kuva 2.1 Konstruktivismi yhdisti realistisen ja humanistisen oppimiskäsityksen

Rauste-von Wright Maija ja von Wright Johan (1994) kuvaavat konstruktivistia opetusmenetelmää seuraavasti:

*Konstruktivistisen oppimiskäsityksen yhteydessä kyseisten menetelmien käyttö pohjautuu sen sijaan teoriaan siitä, miten ihminen prosessoi informaatiota. Uteliaisuus, tiedonsaamisen tarve oletetaan samalla ihmisen (biologiseen) perushuonteeseen kuuluvaksi. Opetusmenetelmiä ei pidetä ”sinänsä” minkään tiettyyn tavoitteeseen kytkeytyvinä: tavoitteiden konstruktio on olennainen osa opetus-oppimisprosessia. Tämä prosessi voi tietenkin palvella yksilön henkistä kasvua, olla luova tms., mutta olennaista ei ole oppimisen kokemuksellisuus vaan oppijan reflektiivisen toiminnan suuntautuminen. Kulloisestakin tavoitteesta riippuu tapa, jolla kokemuksellisen oppimisen menetelmiä on tarkoituksenmukaista käyttää; tavoitteiden virittämä suuntautuneisuus antaa prosessille Deweyn korostaman selkärangan ja henkisen kurinalaisuuden.*



Konstruktivistisessa ja humanistisessa opetuksessa on molemmissa keskeisinä kokemuksellisuus ja reflektointi. Konstruktivistisessä näkemyksessä tosin kokemuksellisuus tapahtuu myös todellisessa maailmassa, kun humanistit rajoittuvat vain järkeilyyn totuuteen ja henkiseen maailmaan.

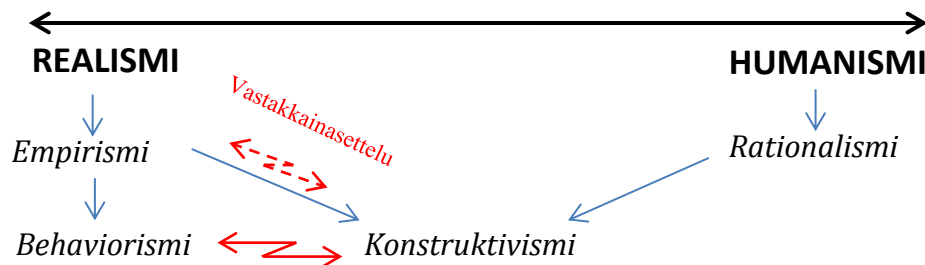
#### **2.1.4 Realismin ja konstruktivismin vastakkainasettelu**

Opetuksen teorioiden valtasuuntauksina voidaan nähdä realismi ja konstruktivismi (Puolimatka 2002). Oppimiskäsityksiä esitettäessä on välillä vaikeaa nähdä eroavaisuuksia eri mallien välillä. Jotta malleja olisi helpompi havainnollistaa, niin niiden eroja usein kärjistetään ja liioitellaan. Näin saadaan mallien eroavaisuudet näkyville. Realismin ja konstruktivismin välillä harjoitetaan kirjallisuudessa tämän kaltaista vastakkainasettelua. Konstruktivismi käyttää ajattelun kautta tapahtuvaan tiedonrakentamiseen ulkoisesta maailmasta havaittuja ja osittain kokeellisesti saatavia havaintoja, joista sitten konstruoidaan yksilön tai yhteisön tieto. Näin voidaan havaita, että realismi ja konstruktivismi eivät kuitenkaan ole ehdottomat ääripäät. Kuten kuvassa 2.1 esitetään, konstruktivismi on osa realismin ja humanismin virittämää oppimisteorioiden laajaa kenttää.

## **2.2 Jako behaviorismiin ja konstruktivismiin**

Realismista on kehitetty eri suuntauksia vuosien kuluessa. Luonnontieteiden eksaktiuteen vastaavaksi malliksi kehittyi behavioristinen oppimiskäsitys, joka oli vallalla 1900-luvun ensimmäisen puolikkaan. Konstruktivismin noustessa ja syrjäyttäessä behaviorismia, on haluttu korostaa konstruktivismin erinomaisuutta, jolloin vastakohdaksi on haettu behaviorismi ja sen tiukka tulkinta eläinkokeineen. Näin monesti näkee vastakkainasettelun behaviorismi–konstruktivismi (Kuten kuvassa 2.2) (Puolimatka 2002, Tynjälä 1999 ). Oppimisteorioiden kentän esittäminen näin kahtiajakoisena tekee vääryyttä molemmille lähestymistavoille. Kaiken lisäksi sitä behaviorismia, jota niin huonoksi väitetään, ei ole reaali maailmassa edes olemassa. Toisaalta radikaalien konstruktivistien opetustavoilla jokaisen oppilaan pitäisi keksiä

pyörä uudestaan, mitä koulumaailmassa ei kuitenkaan toteuteta. Puolimatka (2002) luonnehtii behaviorismin saaneen jopa *emotionaalisen ”yleisen pahan” roolin*, ja jolle vastaratkaisuksi on tarjottu ns. uutta oppimiskäsitystä eli konstruktivismia. Konstruktivismin määrittely lyhyesti ”ei-behavioristiseksi oppimisnäkömykseksi”, millaiseksi se usein loppukäyttäjän tasolla ymmärretään, on asian yksinkertaistamista suuresti (Tenitz 2009). Toki on olemassa muitakin oppimiskäsityksiä, kuin behavioristinen ja konstruktivistinen. Esimerkiksi humanistinen oppimiskäsitys, jonka merkitys luonnontieteille on ollut vähäistä, sillä humanistit eivät halua käsitellä havaintsijoista riippumattomia tosiasioita.



Kuva 2.2 Behaviorismin ja konstruktivismin vastakkainasettelu

Konstruktivismin kehitys on tapahtunut yhdistämällä realistista ja humanistista oppimiskäsitystä, kuten kuvassa 2.2. Siten vaikka behaviorismilla ja konstruktivismilla on suuria eroavaisuuksia, niin niissä on myös paljon samaa. Behavioristinen opetus pyrkii pilkkomaan aiheen pieniksi aihekokonaisuuksiksi, joista sitten rakennetaan kokonaisuus, kuten matematiikan ja fysiikan tietoteoriat. Vastaavasti konstruktivismin mukainen opetus pyrkii rakentamaan nämä tietoteoriat pala palalta, luoden samat linkit asioiden välille ajattelun avulla. Opetuksessa eroavaisuudet on havaittavissa esimerkiksi sisältöjen opetusjärjestyksissä. Silti keskeisin ero syntyy eri oppimiskäsitysten toisistaan poikkeavista näkökulmista, siitä miten ihmisen mielessä oppiminen tapahtuu. Rauste-von Wright ja von Wright (1994) esittävät behavioristisen oppimisen lähtevän pienistä yksityiskohdista ja etenevän kohti isompaa kokonaisuutta. Vastaavasti he esittävät konstruktivistisen oppimisen lähtevän liikkeelle isoista kokonaisuuksista ja etenevän kohti pienempiä yksityiskohtia. Fysiikan ja matematiikan hierarkkinen rakenne asettaa kuitenkin omat vaatimuksensa oppimiselle (Kragh 1998).

Puolimatka (2002) esittää behaviorismin ja konstruktivismin vastakkainasettelun syntyä seuraavasti:

*Kognitiivisen psykologian varaan rakentuva konstruktivismi nousi 1900-luvun lopulla vastapainoksi vuosisadan alkupuoliskoa hallinneelle behavioristiselle oppimiskäsitykselle. Useissa oppikirjoissa konstruktivistista oppimiskäsitystä perustellaan juuri sen paremmuudella behaviorismiin verraten. Tästä vastakkainasettelusta saattaa joskus syntyä se väärinkäsitys, että oppimisen teoriassa on vain kaksi varteenotettavaa vaihtoehtoa, konstruktivismi ja behaviorismi. Konstruktivismi merkitsisi näin samaa kuin ei-behavioristinen oppimisen teoria*

Näin on saatu esitettyä oppimisteoriat tiukasti kahtia jakautuneena, mikä fysiikan opetuksen näkökannalta on ymmärrettävää, mutta polarisoi käytännössä liikaa. Tutkimuksissa on mukava ottaa vertailukohdaksi tiukka opettajajohtoinen (behavioristinen kateederilta tapahtuva luennointi) opetustapa, jolloin mikä tahansa vähääkään kehittyneempi opetusmetodi saadaan näyttämään tutkitusti hyvältä.

Behavioristista oppimiskäsitystä edustaa fysiikassa esimerkiksi aksiomaattis-deduktiivinen eli teoreettinen lähestymistapa, jossa auktoriteetti kertoo miten asiat ovat (tarkemmin behaviorismista luvussa 2.3.3). Tällöin opiskelijan tehtävänä on vain opetella tieteen tekijöiden luoma valmis fysiikan tietorakenne. Vastaavasti konstruktivismin esimerkkinä voidaan esittää empiirisinduktiivinen, eli kokeellinen lähestymistapa. Empiriassa lähdetään liikkeelle luonnon ilmiöistä, joista oppilaat tekevät johdetusti opettajan tuella induktiivisia päätelmiä. Näin opiskelijan toimii aktiivisena oppijana ja konstruoi omien ajatusten avulla oman ymmärryksensä fysiikan käsitteistä ja rakenteista.

Ennen konstruktivismia vallalla ollut oppimiskäsitys oli siis behavioristinen, jossa auktoriteetti kertoi, miten piti ajatella. Tällaisena auktoriteettina voidaan pitää opettajaa, tiedemiestä tai vaikka oppikirjaa, jonka esittämä tieto piti opiskelijan muistaa. Kurki-Suonioita (1994) lainaten, teorian puolelta katsottuna fysiikka on matemaattinen struktuuri. Fundamentalistisen teoreetikon näkökulmasta fysiikka on

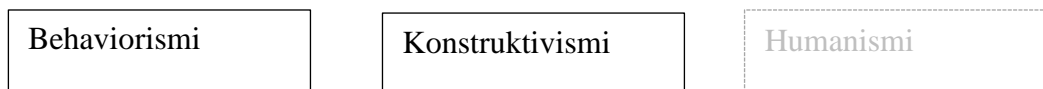
eksakti tiede ja kuvaa täsmällisesti maailmaa, siten kuin teoria sen esittää. Jos kokeen tulos ei vastaa teoriaa, niin kokeen järjestelyjä täytyy parantaa, sillä vika on teoreetikon mukaan niissä. Toisaalta, kun oppilas pystyi toistamaan esitetyn asian sanasta sanaan, katsottiin oppimisen tapahtuneen (Tynjälä 1999).

### **2.2.1 Konstruktivismiin synty**

Käsitykset ihmisestä oppijana ovat muuttuneet 1900-luvun kuluessa. Suuren muutoksen käsityksiin ihmisestä oppijana sai aikaan sveitsiläinen kehityspsykologi Jean Piaget (1896–1980), joka kirjoitti vuosina 1923–1979 kokemuksiinsa ja tutkimuksiinsa pohjautuen useita oppimista käsitteleviä julkaisuja. 1950-luvun lopulla konstruktivismi alkoi syrjäyttää behaviorismia. Muutos behavioristisesta tutkimuksesta ihmisen kognitiivisiin prosesseihin oli niin nopea, että sitä on sanottu kognitiiviseksi vallankumoukseksi. Syntyi uusi ajattelutapa ihmisestä oppijana. Konstruktivismiin perustana pidetään Jean Piaget'n luomaa teoriaa. (Tynjälä 1999)

Edelleen 1990-luvulle tullessa oli konstruktivismista tullut vallalla oleva oppimiskäsitys. Siitä oli kehitetty lukuisia variaatioita perustuen Piaget'n konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen. Näitä erilaisia konstruktivistisia teorioita yhdistää sama kognitiivinen näkökulma ihmisestä aktiivisena oppijana. (Joutsenlahti 2005) Lukuisista eri konstruktivismiin suuntauksista huolimatta, usein opetusta koskevissa artikkeleissa tehdään vain karkea jako behaviorismin ja konstruktivismiin välille kuvan 2.3 mukaisesti. Konstruktivismista on olemassa lukuisia eri suuntauksia. Tämä jako vain konstruktivismiin ja behaviorismiin on fysiikan moninaisten opetusmenetelmien kannalta riittämättömän karkea, joten luvussa 2.3 jaotellaan konstruktivismiin eri suuntauksia tarkemmin.

## YLEISIMMÄT OPPIMISKÄSITYKSET



Kuva 2.3 Oppimiskäsitysten karkea jaottelu behaviorismiin ja konstruktivismiin

Humanismia ei ole syytä ottaa tämän syvällisempään tarkasteluun, enempää kuin kohdassa 2.1.2 esitetään, sillä fysiikka on luonteeltaan kokeellinen luonnontiede, johon liittyy käsitys oikeasta ja väärästä tiedosta. Vastaavasti taas humanismissa tutkitaan pelkästään ihmisen ajatusprosesseja ilman fysiikan empiriaa ja siten humanistinen tiedonkäsitys on puhtaasti subjektiivinen.

## 2.3 Behaviorismi

### 2.3.1 Behaviorismin kehitys

Behaviorismi on kehittynyt empirismin pohjalta. John Locke (1632-1704) esitti teorian, jossa hän piti ihmisen mieltä tyhjänä tauluna (tabula rasa), johon kokemukset piirtävät jälkiä (Puolimatka 2002; Tynjälä 1999; Rauste-von Wright, von Wright 1994). Tiedon muistamista varten Lockella oli assosiaatioteoria. Locke korosti harjoittelun ja jäljittelyn merkitystä, mutta antoi sijaa myös reflektoinnille. Locken opetusmetodeissa keskeinen merkitys oli myös palkinnoilla ja rangaistuksilla. Bowen ja Hobson pitivät 1800-luvun kouluopetuksen tavoitteena suullisen hyvin järjestetyn tiedon välittämistä lapsen vastaanottavaan mieleen. E. L. Thorndike (1874-1949) kehitti teorian vahvistamisesta, oikean asian oppimiseen kannustavana mallina ja oli siten luomassa behaviorismin ensiaskeleita. Thorndike tutki eläimien ongelmanratkaisua, jonka hän havaitsi tapahtuvan yrityksen ja erehdyksen kautta. Ne yritykset, jotka johtavat palkintoon, opitaan. (Rauste-von Wright, von Wright 1994)

### **2.3.2 Behaviorismin valtakausi**

Thorndiken esittämiä ajatuksia radikalisoitiin ja jalostettiin edelleen behavioristien piirissä ensimmäisen maailmansodan jälkeen. Behaviorismissa pyrittiin puhtaaseen luonnontieteelliseen tutkimukseen empirismin hengessä. Oppimisen ihmisellä ja eläimillä katsottiin olevan peruseriaatteiltaan samankaltaista ja siten eläinkokeiden tuloksia voitiin soveltaa ihmisiin. (Rauste-von Wright, von Wright 1994) Pitkää vallitsevana oppimiskäsityksenä ollut behavioristinen oppimiskäsitys sai 1950-luvulta alkaen rinnalleen vähitellen suosiotaan kasvattavan konstruktivistisen oppimiskäsityksen. 1990-luvulla behaviorismi jäi lopulta täysin sivurooliin monien eri konstruktivististen suuntausten noustessa suureen suosioon. (Tynjälä 1999, Puolimatka 2002)

### **2.3.3 Behavioristinen metodi**

Kouluissa esiintyviä behaviorismille tyypillisiä käytännön metodeja, joista sen voi tunnistaa (esimerkkejä koottu eri lähteistä kuten: Rauste-von Wright, von Wright 1994; Puolimatka 2002):

- Yksinkertaisen kysymyksen oppilas vastaa oikein, josta opettaja palkitsee välittömällä kehulla. Vastaavasti väärästä vastauksesta ei anneta palautetta, tai opettaja antaa negatiivista palautetta.
- Oikein tehdyistä läksyistä opettaja antaa papukaijamerkin tai vaikka tarran vihkoon.
- Tunnilla tapahtuvasta hyvästä osaamisesta annetaan positiivista palautetta (sähköiseen esimerkiksi Wilma seurantajärjestelmään ja vastaavasti läksyjen tekemättömyydestä huomautetaan).
- Formatiiviset kokeet.
- Oppikirjoissa aiheet on pilkottu yhdestä kahteen oppitunnin mittaisiin kokonaisuuksiin.

- Laajat tavoitteet pilkotaan osatavoitteiden sarjaksi, jota edetään systemaattisesti (kuten mastery learning).
- Monivalintakysymykset.

Kaikki nämä ja monet muut behavioristiset käytänteet ovat kouluissa edelleen arkipäivää ja niiden avulla motivoidaan oppilaita ja ylläpidetään työrauhaa ja järjestystä.

Puolimatka (2002) määrittelee behaviorismin seuraavasti:

*Behavioristisen oppimisnäkemyksen mukaan oppiminen on reaktiota ulkoapäin tulevaan ärsykkeeseen, ärsykkeen ja reaktion ketjujen muodostumista.*

Behaviorismissa on siten keskeistä eläinkokeilla havaittu ärsyke – reaktio (S-R) ketju, jonka tuottamaa haluttua käyttäytymistä pyritään vahvistamaan palkitsemalla myönteisellä palautteella ja ei toivottua käyttäytymistä heikentämään kielteisellä palautteella (Puolimatka 2002; Rauste-von Wright, von Wright 1994). Opittava aines pyritään pilkkomaan pieniin palasiin, jotka voidaan siten opettaa asia kerrallaan kenelle tahansa (Puolimatka 2002).

Behaviorismi näkee oppimisprosessin täysin ulkoisena prosessina, jossa oppimisprosessi on täysin ulkoinen tapahtuma, eikä katso siihen liittyvän tarvetta ihmisten sisäisten mentaalisten prosessien tarkasteluun (Tynjälä 1999). Behaviorismi ei kuitenkaan ole lakannut olemasta, vaikka sitä paheksutaan postmodernin jälkeisen ajan argumenteilla, samalla ylläpitäen behaviorismi – konstruktivismi vastakkain asettelua. Vallalla oleva humanistinen trendi korostaa yksilön ja yhteisön oikeutta omaan todellisuuteensa ja siten vastustaa ulkoisen auktoriteetin tarjoamaa valmista teoriaa. Vastaavasti behaviorismissa oikea tieto on jo valmiiksi olemassa, jolloin siitä ei tarvitse tuottaa omaa konstruktiota, vaan sen voi opetella juuri sellaisena kuin se esitetään.

Behaviorismi on aikoinaan lähtenyt tarpeesta siirtää tietoa eteenpäin. Autoritäärisessä ja monesti patriarkalisessa maailmassa ylemmät auktoriteetit päättivät, mikä tieto on oikea ja ansaitsee tulla siirretyksi eteenpäin ja siten opituksi. Behaviorismissa oppilas on aina alisteinen auktoriteetille, joka kertoo miten kuuluu ajatella ja ymmärtää. Auktoriteetti päättää oikean ja tärkeän tiedon. Behaviorismissa oppija nähdään enemmän passiivisena ulkoa opettelijana, jonka päähän kaadetaan muiden ajatuksia ja teorioita. Siten fysiikassa on olemassa jo valmis täydellinen tietorakenne, jonka opiskelijan vain tarvitsee opetella ulkoa, ymmärtääkseen fysiikkaa ja soveltaakseen sitä käytäntöön. Fysiikan lähestymistavoista teoreettinen lähestymistapa edustaa behaviorismia, ja se on edelleen käytössä, vaikka se on täysin nykyisten oppilaslähtöisten trendien vastaista. Behavioristisella teoreettisella lähestymistavalla on kuitenkin etunsa. Teoreettinen lähestymistapa on pidemmälle opinnoissa edenneelle opiskelijalle hyvin tehokas opiskelutapa, silloin kun peruskäsitteet ovat hyvin hallussa. (Kurki-Suonio 1994)

#### **2.3.4 Behaviorismia 2000 luvulla – Mastery learning**

Yksi behaviorismin sovelluksista on Mastery learning, eli tavoiteoppiminen, jossa varmistetaan riittävän usein, että oppilas on sisäistänyt edellisen asian, ennen kuin mennään eteenpäin (Rauste-von Wright, von Wright 1994; Lehto J. 2005). Nykyään tähän behavioristiseen oppimisrunkoon on voitu lisätä konstruktivistisia ja muita lisäpalikoita, kuten Peura (2012) lanseeraamassaan *”yksilöllisen oppimisen opetusmallissa”* tekee. Mastery learningin osuus Peuralla toki rajoittuu tapaan, jolla matematiikan ja fysiikan tehtäviä tehdään ja edistymistä seurataan. Lisänä tässä metodissa on joitakin konstruktivistisia metodeja, joista tarkemmin Toivasen pro gradussa (2012). Behaviorismia ei siten ole täysin 2000-luvulla haudattu, vaikka sitä demonisoidaan konstruktivistien ja humanistien taholta (kuten Tynjälä 1999).



## **2.4 Konstruktivismi**

Konstruktivismilla on ollut keskeinen asema viimeisinä vuosikymmeninä opetusta koskevassa keskustelussa. Keskustelua haitanneena ongelmana on ollut konstruktivismin käsitteen epämääräisyys ja monimerkityksisyys (Puolimatka 2002; Tynjälä 1999). Siten on syytä pureutua konstruktivismin käsitteeseen tarkemmin ja esitellä muutamia sen suuntauksia. Tyhjentävää esitystä konstruktivismista on vaikea luoda, sillä siitä on niin monta erilaista tulkintaa ja niiden nimeämiset menevät ristiin. Esimerkiksi sosiaalisella konstruktivismilla tarkoitetaan merkittävästi eri asioita, riippuen kirjoittajasta. Konstruktivismin eri suuntauksille on olemassa useita eri nimiä (Puolimatka 2002). Seuraavassa luvussa 2.5 luodaan katsaus muutamiiin konstruktivismin suuntauksiin, ja esitetään fysiikan kannalta keskeisiä konstruktivismin suuntauksia.

Konstruktivismin käyttöön siirtymistä on perusteltu sen ylivoimaisuudella, mutta yksi perustelu nousee esille kaikissa lähteissä: konstruktivistinen lähestymistapa antaa oppilaalle lisää vapauksia päättää omasta opiskelustaan ja siten autonomia (tai sen tunne) lisää oppimismotivaatiota (Tynjälä 1999; Puolimatka 2002; Rauste-von Wright, von Wright 1994; von Glasersfeld 1998). Motivaatiolla ja tehdyn työn määrällä on korrelaatio ja samoin tehdyn työn määrä on verrannollinen oppimistuloksiin (Kurki-Suonio K. ja R. 1994). Näin saadaan yksilöt oppimaan enemmän, mutta esimerkiksi Kurki-Suoniot (1994) ja Puolimatka (2002) kyseenalaistavat radikaalilla konstruktivismilla saavutetut tulokset ulkoa asetettujen tavoitteiden suhteen.

### **2.4.1 Konstruktivismin perusajatus**

Kaikille konstruktivismin eri tulkinnoille on yhteistä tapa, jolla korostetaan ihmisen kykyä rakentaa itse oma todellisuutensa (Rauste-von Wright, von Wright 1994; Tynjälä 1999; Puolimatka 2002).

Puolimatka (2002) avaa konstruktivismia seuraavasti:

*Konstruktivistinen ajattelu antaa rakentamisen tai konstruoimisen metaforalle keskeisen aseman oppimista koskevassa keskustelussa. Rakentamisen metafora voidaan oppimisen yhteydessä ymmärtää monissa eri merkityksissä. ...konstruktivismin mukaan olennaista on, että ihminen luo itse todellisuutensa*

Konstruktivismin käsite perustuu siis rakentamisen metaforaan. Konstruktivismissa nähdään keskeisenä ihmisen aktiivinen toiminta, rakentaminen ja luominen. Tämä on vastakohta ajatukselle, että ihminen olisi vain passiivinen tiedon vastaanottaja. (Puolimatka 2002; Nola 1998).

Puolimatka määrittelee konstruktivismin seuraavasti:

*Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan oppija rakentaa aktiivisesti oman tietonsa. Oppiminen on aktiivista henkistä työskentelyä, ei opetuksen passiivista vastaanottamista. Muut voivat tarjota tukea, haastaa ajattelemaan ja toimia valmentajina ja malleina, mutta oppijalla itsellään on avainasema oppimisprosessissa.*

Konstruktivismi sisältää oppimisen teorian psykologiselta näkökannalta. Se selittää miten ihmisen oppiminen tapahtuu, kun oppija rakentaa tiedollisia käsityksiään aikaisempien tietorakenteiden varaan. Oppija toimii silloin aktiivisena ja luovana rakentaessaan uutta tietoa (Tynjälä 1999, Puolimatka 2002). Konstruktivismissa nähdään myös tärkeänä oppimaan oppiminen ja uusiutuminen koko elämän ajan.

#### **2.4.2 Konstruktivismin laaja kirjo**

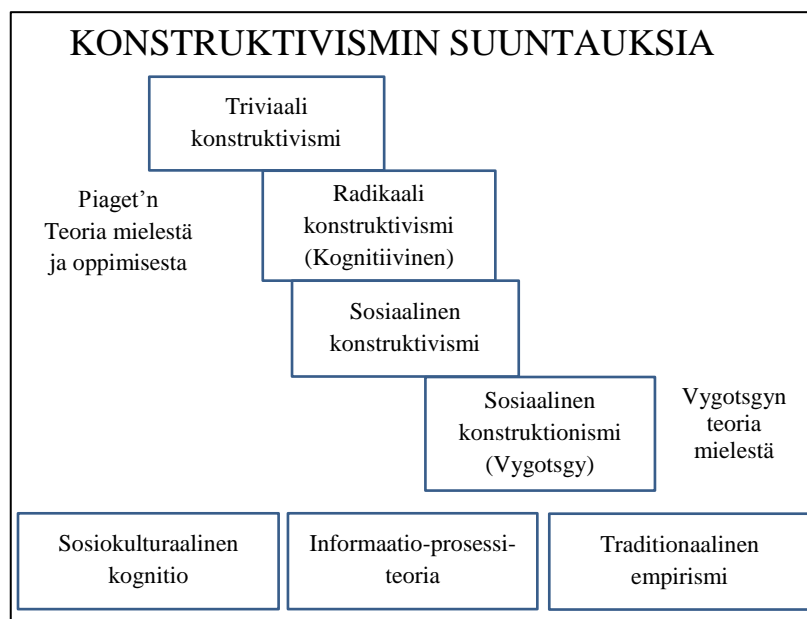
Konstruktivismi oppimiskäsityksenä esitetään usein vain yhtenä teoriana, jonka oppisänä on Jean Piaget'n esittelemä teoria oppimisesta. Konstruktivismi on kuitenkin laaja kirjo oppimisteorioita, jotka kaikki pohjautuvat jossain määrin Piaget'n

esittämään teoriaan oppijasta aktiivisena toimijana. Puolimatka (2002) tekee erottelua sen mukaan, että kuka toimii tiedon rakentajana:

*Rakentajaksi voidaan ymmärtää myös ryhmä (esimerkiksi oppilaat ja opettaja yhdessä), tiedeyhteisö tai koko yhteiskunta.*

Tehdään siis erottelu yksilökeskeisen ja yhteisöllisen konstruktivismin välillä.

Näiden lisäksi Lev Vygotskyn esittämille teorioille ihmisestä sosiaalisena oppijana perustuu muutama yhteisölliseen tiedonrakennukseen perustuva konstruktivismin suuntaus, kuten sosiaalinen konstruktivismi (Ernest 1994, Joutsenlahti 2005, Puolimatka 2002, Tynjälä 1999). Tärkeimpinä konstruktivismin suuntauksina Jorma Joutsenlahti (2005) toteaa olevan: triviaalin konstruktivismin, radikaalin konstruktivismin ja sosiaalisen konstruktivismin (kuva 2.4).



Kuva 2.4 Konstruktivismin suuntauksia

Muita konstruktivismin suuntauksia ovat: traditionaalinen empirismi, informaatio-prosessiteoria, sosiokulttuurainen kognitio ja sosiaalinen konstruktionismi. Kuvassa 2.4 kolme ensin mainittua on ryhmitelty erilleen, sillä lukion opetussuunnitelmaa tarkastellessa niillä ei ole roolia ja muutenkin ovat poissa valtavirrasta. Näistä viimeinen, sosiaalinen konstruktionismi perustuu pitkälti Vygotskyn kehittämää teoriaa

ihmisen oppimiskäsityksestä sosiaalisen vuorovaikutuksen kautta (Ernest 1994). Sosiaalista konstruktionismia voi pitää Vygotskyn versiona sosiaalisesta konstruktivismista. Sosiaalisen konstruktionismin ja sosiaalisen konstruktivismin keskeisenä erona on ihmisen suhde tiedon syntyprosessiin. Sosiaalinen konstruktivismi on radikaali konstruktivismi lisättynä sosiaalisella vuorovaikutuksella, jossa yksilöt edelleen rakentavat viimekädessä oman yksilöllisen tietorakenteensa. Radikaalin konstruktivismin mukaan jokainen yksilö rakentaa oman ainutlaatuisen todellisuutensa, joka on aivan yhtä todenmukainen, kuin kaikkien muidenkin todellisuudet. Sosiaalisessa konstruktionismissa kaikki tieto syntyy keskustelun kautta ja jopa yksilön oma tietoisuus syntyy sisäisen puheen avulla (Ernest 1994).

Kaikkia konstruktivismin eri suuntauksia yhdistää kuitenkin näkemys, jonka mukaan se mitä kutsumme tiedoksi, ei voi koskaan olla tietäjästään riippumatonta objektiivista heijastumaa maailmasta, vaan se on aina yksilön tai yhteisön itsensä rakentamaa (Tynjälä 1999). On syytä kuitenkin huomata Tynjälän edustavan radikaalia konstruktivismin suuntausta (Puolimatka 2002).

## **2.5 Keskeisimmät konstruktivismin muodot:**

### **2.5.1 Triviaali konstruktivismi**

Triviaali (heikko) konstruktivismi nimitys on peräisin Ernst von Glasersfeldilta, joka halusi tehdä eron radikaalin konstruktivismin kanssa (Joutsenlahti 2005). Triviaali konstruktivismi perustuu myös Piaget'n käsityksiin oppimisprosessista. Eroavaisuutena radikaaliin konstruktivismiin on tiedon käsitteessä. Triviaalissa konstruktivismissa hyväksytään objektiivinen tieto, jonka yksilö pystyy konstruoimaan omaan tietorakenteeseensa. (Joutsenlahti 2005) Triviaalin konstruktivismin mukaan on siis olemassa myös valmista tietoa, jonka yksilö pystyy liittämään aiemmin oppimaan tietoonsa. Radikaali konstruktivismi puolestaan hylkää objektiivisen tiedon olemassaolon. Näin ollen triviaali konstruktivismi on helpommin sovitettavissa luonnontieteisiin, joihin liittyy vuosisatoja vanha tieteellisin metodein kerätty ja

oikeaksi, tai ainakin toimivaksi arvioitu tieto. Triviaalin konstruktivismin mukainen opetus on tarvittaessa keskustelevaa ja johdattelevaa uusien asioiden opettelua ja yhteyksien muodostamista, jossa opettajalla on edelleen keskeinen rooli. Triviaali konstruktivismin pitää silti sisällään tiedon rakentamisen metaforan, jolloin varsinainen oppiminen tapahtuu kuitenkin aina opiskelijan oman tiedonrakentamisen seurauksena. Radikaali konstruktivismi puolestaan hylkää perinteisen opettajan roolin, minkä takia sitä lähtöjään käytettiin varsinkin aikuisopetuksessa.

### 2.5.2 Radikaali konstruktivismi

Radikaalin konstruktivismin sisällä on eri suuntauksia, jotka korostavat tiedon luomisen prosessia eritavalla. Erot ilmenevät siinä miten korostetaan yksilön tai yhteisön merkitystä tiedon luomisen prosessissa (Puolimatka 2002). Keskitytään tässä luvussa radikaalin yksilökeskeisen konstruktivismin suuntaukseen, josta käytetään myös nimitystä kognitiivinen konstruktivismi (Ernest 1994). Radikaali konstruktivismi pohjautuu lähinnä Piaget'n ja Immanuel Kantin ajatuksiin (Tynjälä 1999). Ernst von Glasersfeldtin näkemys edustaa keskeisesti radikaalia konstruktivismia, kun hän painottaa ihmisen omaehtoista luovuutta tiedollisen rakenteen tuottamisessa (Puolimatka 2002). Radikaalista konstruktivismista voidaan käyttää myös nimitystä vahva konstruktivismi.

Radikaali konstruktivismi tarkastelee oppimista pääasiassa muutoksina oppijan mielen sisällöissä ja tiedon rakenteissa (Tynjälä 1999). Radikaali konstruktivismi on ollut 1990-luvulta alkaen muotisuuntaus (Ernest 1994, von Glasersfeld, (2000). Radikaalien näkemysten mukaan, tietoa ei voi ottaa vastaan passiivisesti kuulemalla tai keskustelemalla, vaan jokaisen on itse aktiivisesti konstruoitava tietorakenteensa opittavasta asiasta (Joutselahti 2005; von Glasersfeld 2000). Oppiminen nähdään ajattelun lisäksi myös aktiivisena tekemisenä ja osallistumisena, jolloin yksilö saa tietoa osallistumisen kautta. *Radikaalin konstruktivismin mukaan tieto on ainutkertaista, eikä sitä ole olemassa lainkaan yleisellä tasolla* (Holopainen 2012).

### **2.5.2.1 Objektivisen totuuden hylkääminen**

Radikaali konstruktivismi on hylännyt käsityksen absoluuttisesta totuudesta, joka usein liitetään behaviorismiin ja kognitiivisiin oppimisteorioihin (Ernest 1994). Jokainen oppija konstruoi oman ainutlaatuisen tietorakenteensa ja jokaisella on oma todellisuutensa (Joutsenlahti 2005). Tämä näkemys oppimiskäsityksestä sopii hyvin 2000-luvun postmodernin jälkeisen ajan trendiin, jossa jokaisella on oma todellisuutensa ja totuutensa. Radikaalin konstruktivismin voi siten nähdä 2000-luvun trendinä. Radikaali konstruktivismi näkee yksilön oman ajattelun ja subjektiivisen kokemuksen oppimisen lähtökohtana, kun yksilö konstruoi omaa ainutlaatuista tietorakennettaan (von Glasersfeld 2000). Radikaaliin konstruktivismiin liittyy siten relativistinen tiedonkäsitys (Nola 1998; Kragh 1998).

### **2.5.3 Sosiaalinen konstruktivismi**

Sosiaalisen konstruktivismin käsite otettiin käyttöön 1980-luvun lopulla, vaikka sosiaalisen konstruktivismin keskeiset ajatukset on esitetty kirjallisuudessa 1960- ja 1970-luvuilla (Ernest 1994). Sosiaalinen konstruktivismi painottaa yhteiskunnallisen tiedon muotojen, kuten tieteellisen tiedon kehittymistä sosiaalisessa vuorovaikutuksessa. (Puolimatka 2002) Sosiaalinen konstruktivismi on radikaali konstruktivismi lisättynä sosiaalisilla vuorovaikutuksilla ja monenlaisilla yhteisöillä tiedon rakentajana. Tieto on siten yksilön ja yhteisön luomus. (Ernest 1994) Sosiaalisessa konstruktivismissa oikeaksi tiedoksi hyväksytään yhteisön kollektiivisesti hyväksymä käyttökelpoinen tieto (Tynjälä 1999). Sosiaalisessa konstruktivismissa viimekädessä ihminen kuitenkin rakentaa omaa yksilöllistä tietorakennettaan kuten radikaalissa konstruktivismissa luvussa 2.5.2 esitetään. Valtavirran sosiaalisiin konstruktivisteihin kuuluvat mm. Hanson, Kuhn, Feyerabend, Hesse ja niin edelleen. (Ernest 1994)

#### **2.5.4 Sosiaalinen konstruktioismi**

Sosiaalinen konstruktioismi oppimiskäsityksenä pohjaa Lev Vygotskyn (1896–1934) kehittämille teorioille yhteisöllisestä oppimisesta. Nämä teoriat hautautuivat vuosikymmeniksi silloisessa Neuvostoliitossa niiden kieltämisen vuoksi. Sosiaalisessa konstruktioismissä painotetaan yhteisöllisten tekijöiden merkitystä yksilön tietorakenteen kehittymisen pohjana. (Puolimatka 2002) Sosiaalinen konstruktioismi hylkää sosiaalisesta konstruktivismiin liitetyn radikaalin konstruktivismin ajatuksen yksilöstä konstruoimassa omaa erityistä tietorakennettaan. Sosiaalisessa konstruktioismissa asioiden konstruointi tapahtuu vuorovaikutuksessa muiden yhteisön ihmisten kanssa. Tietoa konstruoidaan keskustelemalla vuorovaikutuksessa toisten ihmisten kanssa sosiaalisissa tilanteissa. Konstruktioismissa ajattelu nähdään ihmisen sisäisenä puheena. Yhtenä konstruktioismin edustajana mainittakoon Kenneth Gergen. (Ernest 1994)

Sosiaalisessa konstruktioismissä oppimisen katsotaan tapahtuvan kahdessa vaiheessa. Ensiksi uusi asia opitaan sosiaalisella kanssakäymisen tasolla, ja sitten sisäisellä, henkisen toiminnan tasolla. Uudet käsitteet opitaan ensiksi sosiaalisessa vuorovaikutuksessa ja vasta sitten niitä ryhdytään käyttämään itsenäisesti. Oppiminen on siten kulttuuristen välineiden sisäistämistä. (Tynjälä 1999)

##### **2.5.4.1 Lähikehityksen vyöhyke**

Lähikehityksen vyöhyke (*zone of proximal development*) on Vygotskyn sosiaalisen konstruktioismin keskeinen oppimista edistävä työkalu. Tehtävät joista lapsi ei itsenäisesti pysty suoriutumaan, mutta ryhmässä toimiessaan hän pystyy niistä suoriutumaan, ovat lähikehityksen vyöhykkeellä. (Vygotsky 1978, Tynjälä 1999) Lähikehityksen vyöhyke kuvaa lapsen kehitysvalmiuksia ja ennustaa lapsen tulevaa suorituskyyä perinteisiä testejä paremmin (Raute-von Wright, von Wright 1994).

### 3 Fysiikan eri lähestymistavat

Fysiikassa on opetuskäytössä useita erilaisia lähestymistapoja, joihin kaikkiin vaikuttaa merkittävässä määrin se miten fysiikka tieteenä pyrkii selittämään olemassa olevaa todellisuutta ja miten fysiikan tietorakenne jäsentyy. Konstruktivismiin sateenkaaren alla olevia radikaaleimpia suuntauksia ei sen takia ole suuressa määrin sovellettu fysiikkaan. Teniz (2009) perustelee sosiaalisen ja radikaalin konstruktivismiin soveltumattomuuden fysiikkaan opetukseen johtuvan ensisijaisesti näihin ideologioihin sisältyvällä subjektiivisella tiedonkäsityksellä, joka on täysin ristiriidassa fysiikan objektiivisen tiedonkäsityksen kanssa. Toki Teniz (2009) esittää muitakin ongelmia, kuten sosiaalisen konstruktivismiin hengessä toteutetun yhteistoiminnallisen opetuksen tehottomuuden. Kragh (1998) näkee jyrkän vastakkainasettelun tieteen ja humanismin välillä syventyneen. Syyksi hän esittää humanismin mukanaan tuoman radikaalin konstruktivismiin kannattajien hyökkäykset tiedettä vastaan. On kuitenkin selvää, että radikaali ja sosiaalinen konstruktivismi ei sovellu fysiikan opettamiseen niihin liittyvän relativistisen tiedonkäsityksen takia. (Kragh 1998)

Fysiikan opetuksen eri lähestymistapoja luokitellaan kirjallisuudessa usein, jonkin verran toisistaan poikkeavin tavoin. Tässä työssä pyritään noudattamaan melko pitkälle Kaarle ja Riitta Kurki-Suonion (1994) esittelemää fysiikan opetuksen lähestymistapojen jakoa kolmeen päätyyppiin: Aksiomaattis-deduktiivinen, empiiris-induktiivinen ja geneettinen lähestymistapa. Yliopistossa on usein käytetty aksiomaattis-deduktiivista lähestymistapaa, josta voidaan käyttää myös nimeä teoreettinen lähestymistapa. Empiiris-induktiivisesta lähestymistavasta voidaan käyttää myös nimitystä kokeellinen lähestymistapa, vaikka kokeellisuudella tarkoitetaan toisinaan välillä muutakin, kuin nyt tarkoitettua merkityksiä luovaa kokeellisuutta (katso kuva 3.1 jaottelusta). Geneettinen lähestymistapa puolestaan yhdistää empiiris-induktiivisen (kokeellisen) ja aksiomaattis-deduktiivisen (teoreettisen) lähestymistavan kuvan 3.3 mukaisesti tieteelliseksi kiertoprosessiksi (Kurki-Suonio K. ja R. 1994). Kurki-Suoniot luokittelevat itse kehittämänsä



hahmottavan lähestymistavan geneettiseksi, eli tiedon syntyprosessia korostavaksi lähestymistavaksi.



Kuva 3.1 Fysiikan lähestymistapojen päätyypit

Teoreettisella, kokeellisella ja hahmottavalla lähestymistavalla on kullakin tunnusomaisia piirteitään, joita seuraavaksi nostetaan esille. On syytä esitellä myös muutamia muita lähestymistapoja, kuten historiallinen lähestymistapa, jota käytetään oppikirjoissa monessa roolissa. Ahtee (1994) luokittelee fysiikan opetuskäsitykset traditionaaliseen, empiristiseen ja konstruktivistiseen tapaan opettaa, jota myös Katja Mannila (2000) käyttää. Näistä traditionaalinen sisältää behaviorismia ja teoreettista lähestymistapaa. Empiristinen on versio kokeellisesta lähestymistavasta, mutta se on haluttu erottaa konstruktivistisesta lähestymistavasta kokeiden luonteen takia. Empiristisessä tavassa ei ole Ahteen (1994) mukaan tarkoituksenmukaisuutta mukana ja tämän kaltaista opetustapaa Kurki-Suoniot (1994) nimittävät *naiiviksi empirismiksi*. Ahteen käyttämä lähestymistapojen luokittelu saattaa johtua opetuksen tarkastelusta alakoulun suhteen.

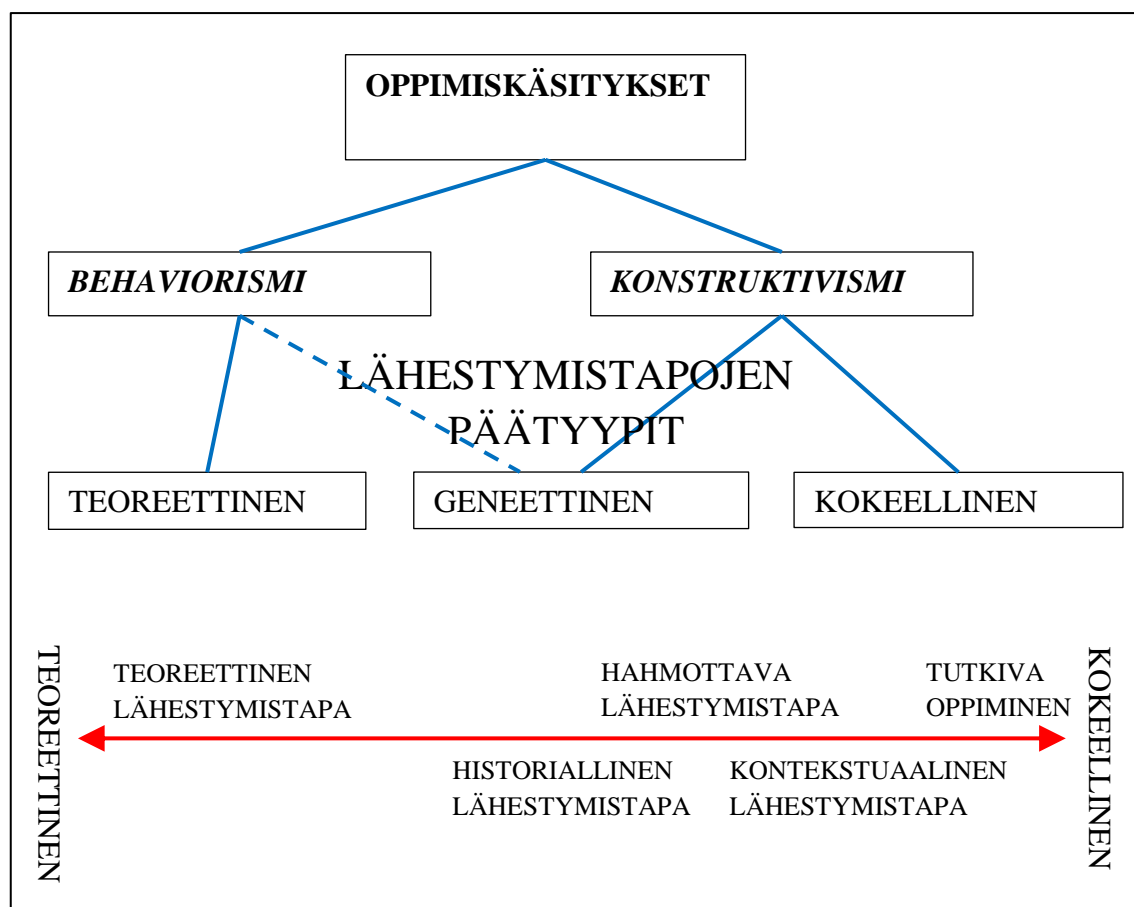
Konstruktivistinen, sosiokulttuurisen lähestymistavan kulttuurihistorialliseen koulukuntaan kuuluva *historiallinen lähestymistapa* ei ole myöskään kovin kaukana Kaarle ja Riitta Kurki-Suonion luomasta hahmottavasta lähestymistavasta (geneettisestä).

Monien eri konstruktivististen lähestymistapojen pohjana ovat kuitenkin Piaget'n käsitykset oppimisprosessista, jossa jokainen oppija joutuu itse konstruoimaan oman tietorakenteensa (Joutsenlahti 2005). Eri konstruktivismin suuntausten välille on

mahdoton vetää tarkkaa rajaa. Joissain fysiikan opetuksen aihepiireissä kaksi erilaista lähestymistapaa tuottaa fysiikan kannalta saman tulokulman ja toisissa aihepiireissä niissä on merkittäviä eroavaisuuksia opetustavoissa.

Eri lähestymistapoja voidaan luokitella akselilla teoreettinen—kokeellinen (kuvassa 3.2). Mikään lähestymistapa ei ole itsessään naiivin kokeellinen tai teoreettinen, vaan edustaa valittua pedagogista pyrkimystä opetustavoissa. Akseli teoreettinen—kokeellinen on liukuva ja osin tulkinnanvarainen.

Lähestymistapojen päätyypit sijoitettuna **teoreettinen – kokeellinen** akselille:



Kuva 3.2 Lähestymistapojen luokittelua.

Akselin vasemmassa ääripäässä on puhtaasti teoreettinen lähestymistapa, jossa mentäisiin fysiikan opetuksessa äärimmäisyyksiin erottavan dualismin hengessä, jolloin kokeellisuus ja teoria nähdään fysiikan kahtena täysin eri puolena. Tällöin lähdetäisiin puhtaasti kaavoista liikkeelle ja niistä tehtäisiin matemaattisia eksakteja ennusteita,

joita mitattava luonto vain ilmentää. Tähän lähestymistapaan liittyy vain todentava kokeellisuus, mutta ei merkityksiä luova kokeellisuus. (Kurki-Suonio, K. ja R. 1994)

Geneettinen lähestymistapa edustaa yhdistävää dualismia, jossa teoria ja kokeellisuus kuuluvat yhteen, kuten kuvassa 3.3 Hahmottamisen kaksisuuntainen dynamiikka (Kurki-Suonio, K. ja R. 1994). Geneettisessä lähestymistavassa korostuu tieteellisen tiedon luomisprosessi, johon kuuluu siten käsitteitä luovan kokeellisuuden lisäksi todentava kokeellisuus, jolla testataan teorian toimivuus käytäntöön.

Kuvassa 3.2 akselin oikea pää edustaa kokeellista lähestymistapaa, jossa kokeellisuuden tehtävä on tuottaa havainnoista uusia käsitteitä ja verrannollisuuksia, joista havaitut kulmakertoimet nimetään uusiksi suureiksi, mutta ennusteita tekevä todentava kokeellisuus ei kuulu tähän kokeellisuuteen.

### **3.1 Kokeellinen lähestymistapa**

Kokeellinen lähestymistapa lähtee konstruktivistisesta näkökulmasta oppimiseen. Valitsevan oppimiskäsityksen mukaan tietoa ei voida siirtää opettajalta oppilaalle suoraviivaisen mekaanisesti. Jokaisen opiskelija joutuu itse rakentamaan omilla ajatuksillaan opittavan kokonaisuuden. Oppimisprosessissa opiskelija liittää uudet asiat vanhoihin tuttuihin tietoihin ja kokemuksiinsa. (Kurki-Suonio K. ja R. 1994) Oppilaat tekevät ennen kaikkea kokeita, jotka pyrkivät tuottamaan uutta tietoa ja käsitteistöä itselleen kokeellisuuden avulla. Katja Mannila luettelee kokeellisen työskentelytavan keskeiset tavoitteet seuraavasti (Mannila 2000):

- Oppilaan luonnontutkimisen taitojen kehittäminen
- Tiedonkäsittelyn tukeminen
- Käsitteenmuodostuksen tukeminen

Opettajan keskeisenä tehtävänä on toimia opiskelijalle merkityksellisen tiedon välittäjänä ja oppaana informaatiotulvan keskellä. Opettaja toimii oppimisen ohjaajana

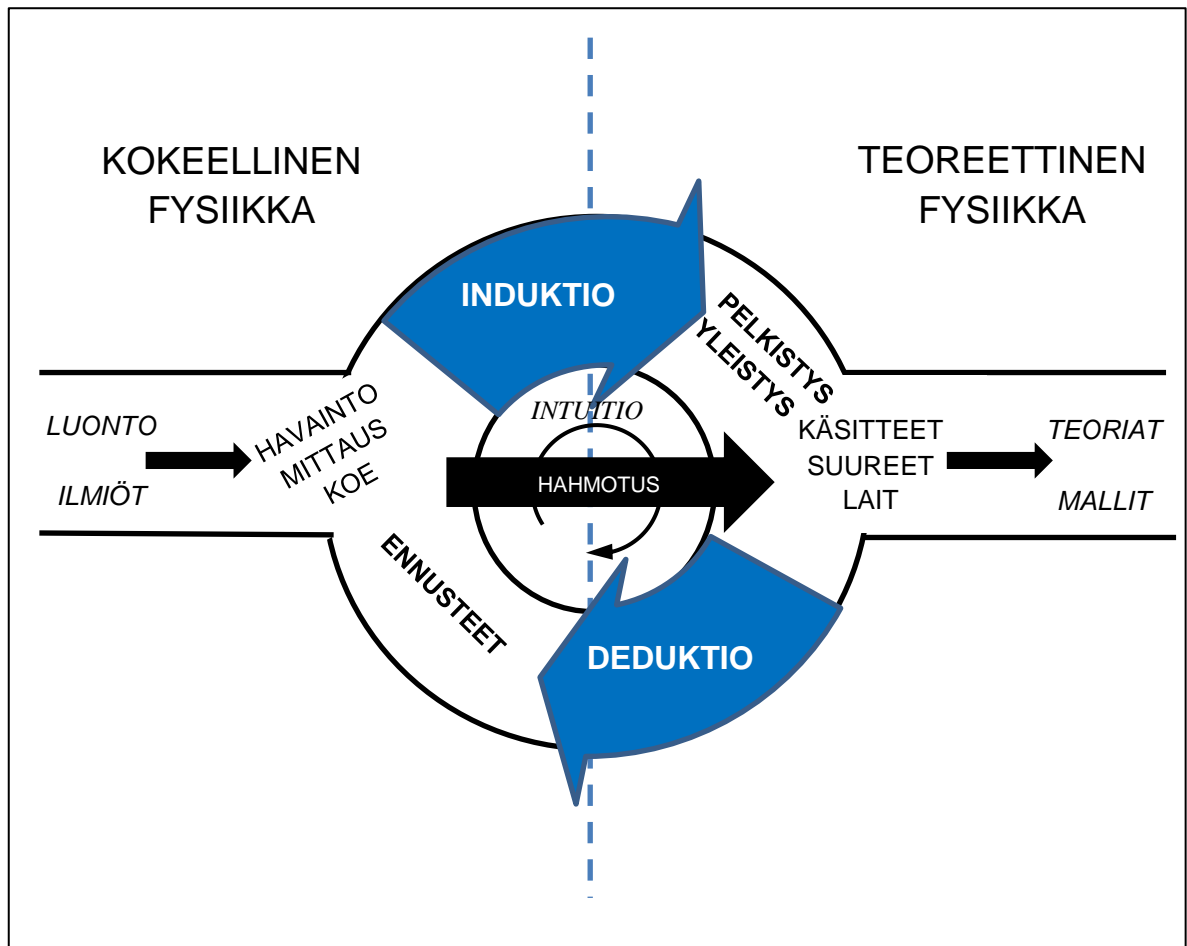
näyttäen oikean tiedon suuntaan, joista opiskelija pystyy luomaan itselleen uutta tietorakennetta. Kokeellisessa lähestymistavassa korostuu induktiivinen päättely, jossa luomisprosessin suunta on luonnosta kohti teoriaa (Mannila 2000, Kurki-Suonio K. ja R. 1994). Merkitykset syntyvät havaintojen avulla ja verrannollisuuksista johdetaan uusia käsitteitä, tätä vastaa kuvan 3.3 yläosa, mutta tieteellisen kiertoprosessin deduktiivinen päättely jää vähälle huomiolle (Kurki-Suonio K. ja R. 1994). Pääpaino on siten tiedon luomisessa, eikä niinkään soveltamisessa ja ennusteiden tekemisessä teorian pohjalta. Kokeellinen lähestymistapa mahdollistaa hyvin laajan kirjon eri konstruktivistisia opetusmetodeja, josta tarkemmin luvussa 4.

Fysiikka on ennen kaikkea kokeellinen luonnontiede. Kokeellisille luonnontieteille luontainen työtapana on empiirinen tutkimusprosessi. On siten luonnollista opettaa fysiikka kokeellisten tutkimusten avulla. Kokeellisiksi tutkimuksiksi voidaan tehdä monin eri tavoin, kuten opettajan esittämät demonstraatiot, oppilaan omakohtainen työskentely, ryhmätyöskentely, videot, kerrottu empiria ja vierailut. (LOPS 2003) Puhtaassa kokeellisessa lähestymistavassa fysikaalisen tiedon luonne ja rakenne jää vajaaksi ja siten vaikuttaa siten tiedon abstrahoitumiseen ja siten oppimiseen (Kurki-Suonio K. ja R. 1994).

### **3.2 Hahmottava lähestymistapa**

Hahmottava lähestymistapa on hyvin lähellä konstruktivistista oppimiskäsitystä (Mannila 2000). Hahmottavan lähestymistavan käsitys oikeasta tiedosta on samankaltainen triviaalin (heikon) konstruktivismiin kanssa. Triviaali konstruktivismi hyväksyy objektiivisen käsityksen oikeasta ja väärästä tiedosta (Tynjälä 1999). Kirjallisuudessa esiintyvät tulkinnat hahmottavasta lähestymistavasta painottavat merkityksiä luovaa induktiivista päättelyä merkittävästi enemmän, kuin Kurki-Suoniot kirjassaan Fysiikan merkitykset ja rakenteet (1994) esittävät. Deduktiivisen päättelyn merkitys usein unohtuu. Kurki-Suoniot antavat tieteellisen kiertoprosessin deduktiiviselle puolelle tärkeän merkityksen tieteen (ja opiskelun) prosessia ylläpitävänä voimana. Todentava kokeellisuus ja ennusteet toimivat polttoaineena

seuraavalle merkityksiä luovalle ja täsmentävälle kokeelle. Hahmottava lähestymistapa pitää siten sisällään kokonaan kuvassa 3.3 esitetyn kiertoprosessin, joka iteroi jatkuvasti uutta tietoa (Kurki-Suonio K. ja R. 1994). Seuraavaksi avataan hahmottavaa lähestymistapaa Kurki-Suonioiden Fysiikan käsitteet ja rakenteet (1994) -kirjaa ohjenuorana pitäen.

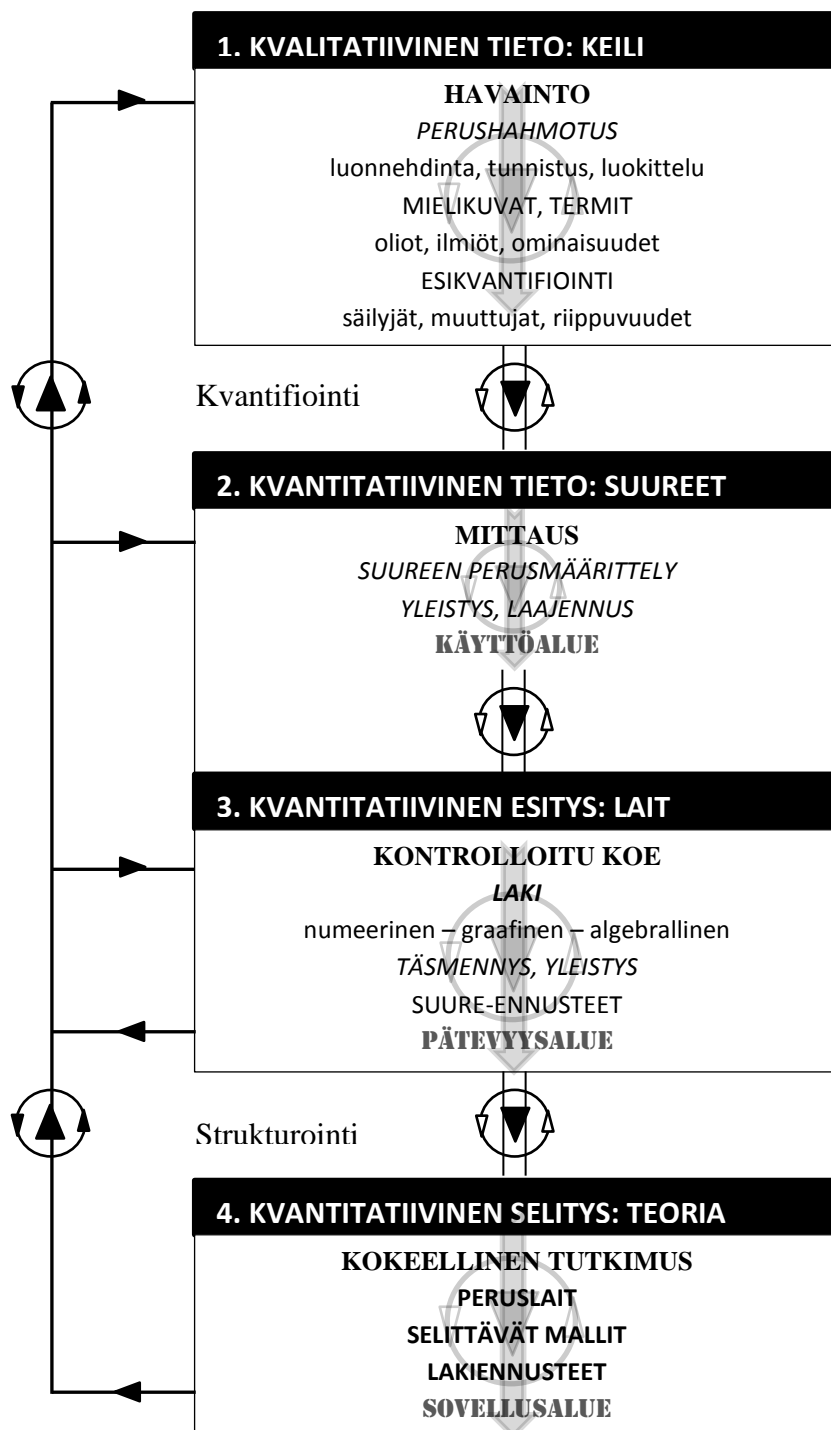


Kuva 3.3 Hahmottamisen kaksisuuntainen dynamiikka. (Kurki-Suonio, K. ja R. 1994)

Hahmottava lähestymistapa on samalla myös kielitietoinen fysiikan opetustapa. Siinä rinnastetaan fysiikan käsitteiden oppimisen äidinkielen oppimiseen. Fysiikan käsitteet opitaan samalla tavalla kuin äidinkieli. Lapsi oppii sanan pallo, kun äiti osoittaa lapsen sylissä olevaa tuttua pyöreää esinettä ja sanoo "pallo". Samalla tavalla opiskelijat tunnistavat ilmiöitä, joille sitten opettaja antaa nimen. Merkitykset syntyvät ennen niiden nimeämistä. (Kurki-Suonio K. & R. 1988)

### **3.2.1 Fysiikan käsitteellinen rakenne**

Hahmottava lähestymistapa korostaa tiedon rakentumista fysiikassa. Hahmottava lähestymistapa myös paljolti geneettinen, eli se korostaa tiedon rakentamisen syntyperää. Kun tieto on kerran onnistuttu luomaan, se voidaan luoda uudelleen samalla tavalla (Kurki-Suonio K. & R. 1988). Tämän takia hahmottava lähestymistapa pyrkii monesti luomaan tiedon samaa polkua, kuin se on aikoina synnynyt. Fysiikan tietorakenteen synty on tapahtunut historiallisesti usein havainnoista kohti teoriaa, koska havainnot ovat fysiikan lähtökohta ja teorialat yritykset selittää havaintoja. Kuvassa 3.4 (Kurki-Suonio K. & R. 1988) esitetään kaavio tiedon rakentumisesta hahmottavan lähestymistavan näkökulmasta.



Kuva 3.4 Fysiikan käsitteiden hierarkkiset tasot. (Kurki-Suonio K. ja R. 1994)

Kaavion tulkinnassa on olennaista etenemissuunta havainnosta teoriaan. Tulkinnat täsmällisestä etenemisjärjestyksestä voivat vaihdella, sillä induktiosykli saa käyttövoiman intuitiosta:

#### 1. Kvalitatiivisen tiedon taso

- Perushahmotus (Induktio – deduktio sykli intuition avulla)
  - Opetellaan tunnistamaan ja nimeämään ilmiö, jolloin opetellaan samalla fysiikan kieltä.
  - Tunnistetaan oliot, ilmiöt ja niihin liittyvät ominaisuudet. Tällöin pystytään luokittelemaan tunnistetut asia.
- Esikvantifiointi (Induktio – deduktio sykli intuition avulla)
  - Havaitaan ilmiöihin, olioihin ja ominaisuuksiin liittyvät verrannollisuudet kvalitatiivisella tasolla.

#### 2. Kvantitatiivisen tiedon taso (Taas tarvitaan intuition tuottamaa induktiota)

- Mittaus (Intuition avulla rakennetaan koejärjestely)
  - Tehdään koejärjestely, jossa verrannollisuudet tulevat ilmi
  - Suure saadaan määriteltyä mittauksen avulla (Induktio)
  - Laajennetaan ja yleistetään suureen käyttöaluetta (induktio – deduktio sykli)

#### 3. Kvantitatiivinen esitys

- Suoritetaan kontrolloitu koe (Jos koe ei toimi, niin intuitio auttaa jälleen. Päättelään deduktiivisesti mikä meni pieleen ja yritetään induktion kautta uudelleen)
  - Saadaan kontrolloidun kokeen avulla määriteltyä laki
  - Lakia yleistetään induktiopäätelmin
  - Tehdään deduktiivisia ennusteita lain avulla
  - Saadaan täsmennettyä pätevyysaluetta deduktiivisten kokeiden avulla

#### 4. Kvantitatiivinen selitys (Teoria: ylin fysiikan hierarkkinen taso)

- Kvalitatiivisen ymmärtämisen ja selittävien mallien taso
- Strukturoinnissa jäsennetään kokeellisesti saatuja lakeja osaksi fysiikan teoriaa



### **3.2.2 Havaintoja käsitteellisen tiedon tasoista**

Ylemmän tason käsitteet rakentuvat aina alemman tason käsitteiden varaan, jolloin ei voida aloittaa tiedon rakentamista muualta kuin alusta eli havainnoista. Kvalitatiivinen taso pitää käydä läpi ensiksi, jotta saadaan käsitteet kiinnitettyä ja tiedetään mistä puhutaan. Sitten vasta voidaan aloittaa kvantitatiiviset mittaamiset. Tiedon hierarkkisen kerrostumisen synnyssä on koko ajan mukana hahmottamisen kaksisuuntainen dynamiikka (katso kuva 3.3), jossa tehdään havainnoista induktiolla päätelmiä ja sitten katsotaan taaksepäin deduktiivisesti, miten induktiopäätelmät sopivat havaittavaan maailmaan. Koko tätä prosessia vie eteenpäin intuitio, kun ihminen tekee havaintoja ja näkee niissä jotakin ennustettavissa olevaa. Eri tasojen sisällä ja välillä on induktioaskelia, eli kokeellisiin tuloksiin perustuvia päätelmiä ja toisaalta deduktiivista teoreettista ennustamista, jolla induktiopäätelmiä voidaan testata. Koko prosessissa ensisijainen suunta on kuitenkin havainnoista kohti teoriaa, käsitteistön laajentuessa ja abstrahoituessa hierarkkisesti. Primaarinen suunta on havainnoista kohti teoriaa, eli pienistä osasista kohti suurta kokonaisuutta. (Kurki-Suonio K ja R 1994)

### **3.3 Historiallinen lähestymistapa**

Historiallisella lähestymistavalla käsitetään opetustapa, jossa tieteellinen kehitys liitetään aikaan, paikkaan ja henkilöön. Samalla historialliseen lähestymistapaan liittyy ennen kaikkea tapa jolla tieteellinen koe ja tutkimukset tehtiin. Aika on asettanut myös tekniset rajoitteensa tieteen tekemiselle. Tieteen tekemisessä on mukana ollut ajoittain poliittisia ja taloudellisia vaikuttimia. Tällöin opetukseen liittyy olennaisena osana tarina, joka rakentaa syntyvälle tiedolle kiinnostuksen historialliseen aikaan ja paikkaan. Tavallisesti kokeellinen lähestymistapa pyrkii kiinnittämään uudet käsitteet opiskelijan arkisiin havaintoihin. Kokeisiin liitetty historiallinen viitekehys antaa kiinnostuksen lisäksi mielenkiintoa opiskeluun. Samalla voi oppia miten tieteellinen prosessi etenee suuremmassa mittakaavassa (Ahonen 2005).

Keskeisesti historialliseen lähestymistapaan liittyy järjestys, jossa uudet asiat opittiin ja kokeet joiden avulla uusi tieto saatiin luotua. Siten historiallinen lähestymistapa antaa

yhden näkemyksen siitä miten uusi asia voidaan opettaa. Samalla tieteen historia kertoo myös missä on epäonnistuttu ja millä keinoilla pääsee eteenpäin. Näin tiedetään ennakolta ne polut joita pitkin joudutaan umpikujaa ja ne joiden avulla voidaan halutut asiat oppia. Siten voidaan ennalta välttää umpikujaan johtavat polut. Historiallinen lähestymistapa osoittaa opettajalle, miten tieto on kerran onnistuttu luomaan ja miten se voidaan uudelleenkin luoda. (Kurki-Suonio K. ja R. 1994)

Historiallinen lähestymistapa pyrkii siis seuraamaan alkuperäistä tiedon luomisprosessia. Tämä tieteen eteneminen ei ole aina suoraviivaista. Kaikkia käsitteitä ei ole luotu puhtaista havainnoista lähtien, vaan niihin on tultu teorian kehittyessä ja toisinaan on menty harhaan. Historiallisella lähestymistavalla on siten kokeellinen ja teoreettinen puolensa. Hahmottavaa lähestymistapa on hyvin lähellä historiallisen oppimisprosessin tieteellistä polkua kertoen samaa fysiikan tieteen tarinaa ilman ehdottoman tiukkaa kiinnittäytymistä tiedon syntyhistoriaan.

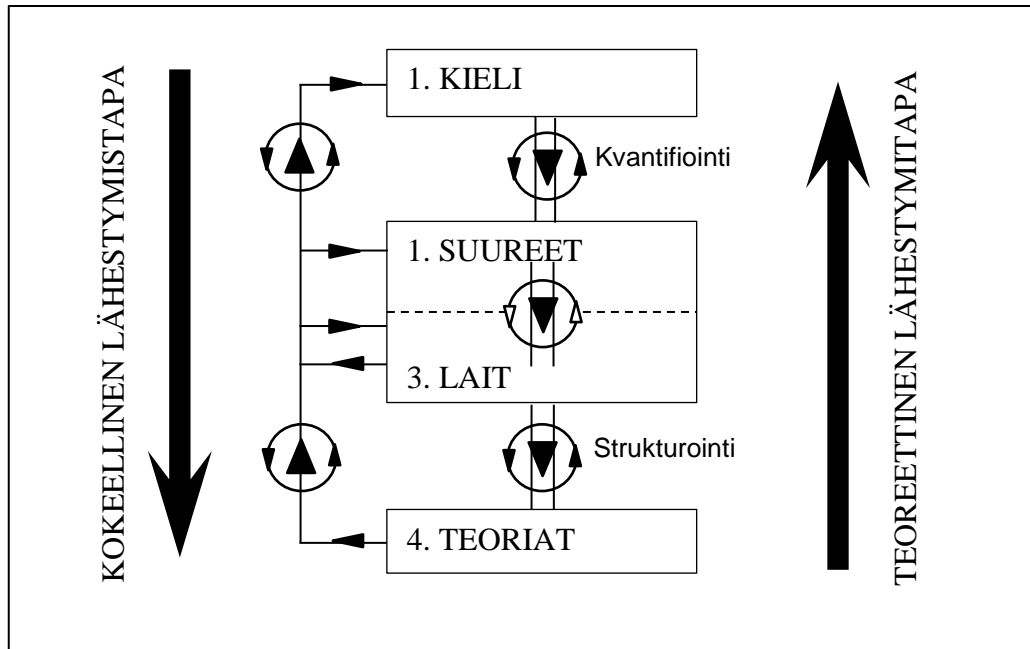
Opettaminen historiallisella lähestymistavalla ei tarvitse tarkoittaa kaikkien tiedon luomiseen käytettyjen prosessien toistamista opetuksessa. Enemmän sen voi nähdä tarinan kerrontana ja mielenkiinnon ylläpitäjänä fysiikkaa kohtaan. Monet tutkijat ovat ehdottaneet opetuksen yksinkertaistamista ja tarvittaessa lyhentämistä, jotta haluttuihin tiedollisiin saavutuksiin päästäisiin kohtuullisessa ajassa (Sexl 1981).

Historiallista lähestymistapaa on edelleen jalostettu kognitiiviseen konstruktivismiin nojautuen (radikaaliin konstruktivismiin). Tästä Nersessianin (2002) esittämästä fysiikan lähestymistavasta Mäntylä (2003) käyttää nimitystä kognitiivis-historiallinen metodi.

### **3.4 Teoreettinen lähestymistapa**

Teoreettinen (aksiomaattis-deduktiivinen) lähestymistapa edustaa behavioristista oppimiskäsitystä. Lukion fysiikankirjoista löytyy menneiltä vuosikymmeniltä esimerkkejä tästä näkökulmasta, kuten *Fysiikka*: Lehto, L. & Luoma, T. (1997). Teoreettisessa lähestymistavassa lähtökohtana on tiedeyhteisön konsensuksen

saaneet suureyhtälöt ja teorit, joita sovelletaan käytäntöä kohti tekemällä ennusteita ja näin verifioimalla lain toimivuuden. Siten opiskelija ymmärtää teorian merkityksen ennusteita tekemällä (laskemalla) ja niitä todellisuuteen vertaamalla.



Kuva 3.5 Opetuksen eteneminen käsittehierarkiassa. (Kurki-Suonio K. & R. 1994)

Kurki-Suonio K. ja R. (1994) kuvaavat teoreettisen lähestymistavan etenemissuunnan olevan vastakkainen kokeelliseen lähestymistapaan verratessa, kuten kuvassa 3.5. Aksiomaattis-deduktiivista lähestymistapaa käytetään yliopistojen ja korkeakoulujen opetuksessa perinteisesti vakiintuneena lähestymistapana (Kurki-Suonio K. ja R. 1994). Tilanne on sittemmin vähin erin muuttunut kohti konstruktivistisia lähestymistapoja.

Kaarle ja Riitta Kurki-Suonio (1994) tiivistävät aksiomaattis-deduktiivisen (teoreettisen) lähestymistavan erityispiirteet seuraavasti:

*Peruslait otetaan käyttöön teorian aksioomina. Suureet määritellään niiden teoreettisten relaatioiden perusteella. Luonnonlait johdetaan niistä deduktiivisina ennusteina. Ilmiöitä tarkastellaan teorian erilaisina toteutumina luonnossa. Kokeita tarvitaan – jos tarvitaan – ennusteiden paikkansapitävyyden todentamiseksi.*

Näin luonto edustaa fysiikan matemaattisten aksioomien vaillinaista toteutumista. Teoreetikoille fysiikka on vain matemaattinen eksakti rakennelma. Teoreettinen lähestymistapa edellyttää opiskelijalta käsitteiden ennalta tuntemista, jolloin uuden asian jäsentäminen tapahtuu tehokkaasti. Tämä vaatii kuitenkin opiskelijalta paljon ajattelutyötä, jotta malli jäsentyy eikä jää detaljitiedoiksi. Tämän kaltainen opiskelu on nopeaa, mutta suuren käsitteellisen esitietovaatimuksen takia tällä opetustavalla on rajoitteensa perusopetuksessa. (Kurki-Suonio K. ja R. 1994)

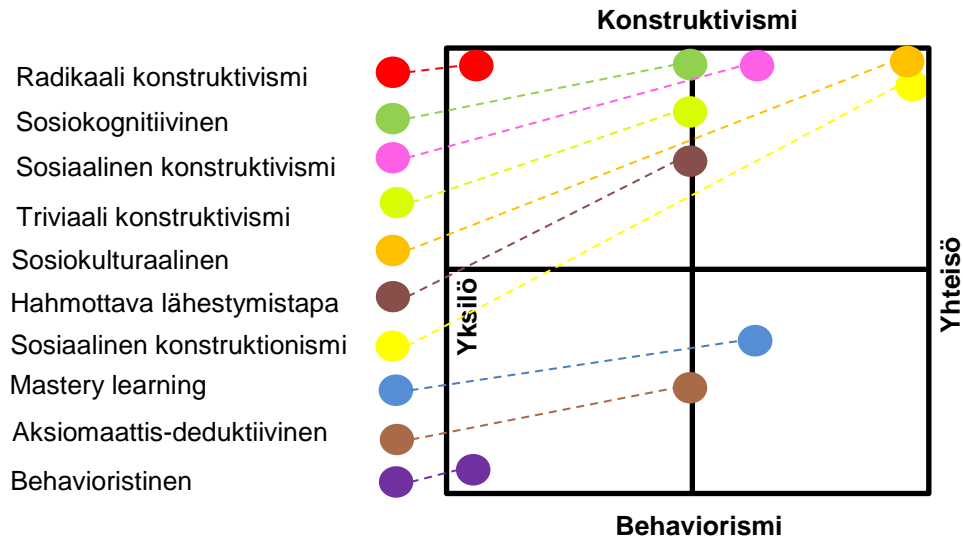
Teoreettisessa opetuksessa yritetään siirtää valmista tietorakennetta yksityiskohtineen opiskelijan uudeksi tietorakenteeksi. Valmiiden lakien ja muiden yksittäisten tietojen opettamisessa pystytään käyttämään monipuolisia työtapoja. Opetus voidaan toteuttaa kirjallisuutta lukemalla, luentomuotoisella opetuksella, todentavalla kokeellisuudella tai vaikka video-opetuksena. Teoreettinen lähestymistapa ei ole niinkään välineisiin sidottu, vaan se vain edustaa toisenlaista oppimiskäsitystä, kuin kokeellinen lähestymistapa. Lähdetään liikkeelle valmiista teoriasta, joka opitaan ulkoa. Esitettyä teoriaa pidetään totena, koska sen on esittänyt joku auktoriteetti, esimerkiksi kirja tai opettaja. (Kurki-Suonio K. ja R. 1994)

### **3.5 Lähestymistavat nelikentässä**

Seuraavassa nelikentässä on asemoitu oppimiskäsityksiä ja lähestymistapoja nelikenttään, jossa akseleina ovat yksilö – yhteisö ja konstruktivismi – behaviorismi (Kuva 3.6). Huomaamisen arvoinen havainto on fysiikassa käytössä olevien lähestymistapojen sijaitseminen nelikentän keskustan alueella. Aivan laidoilla sijaitsevat oppimiskäsitykset, jotka sisältävät liikaa ehdotonta ideologiaa, jotta niitä voisi toteuttaa suuressa mittakaavassa luokkaopetukseen.

### Nelikenttä: Oppimiskäsityksiä ja Lähestymistapoja

Yksilö – Yhteisö,  
Behaviorismi – Konstruktivismi



Kuva 3.6 Nelikenttä oppimiskäsityksistä ja lähestymistavoista

Nelikentän reunoilta selkeästi irti ovat oppimiskäsitykset ja lähestymistavat mahdollistavat opetuksen monista eri lähtökohdista ja siten ovat tosi elämässä käyttökelpoisia, eivätkä ehdottomuudessaan tee itsestään epäkäytännöllisiä.

## 4 Lukion opetussuunnitelma 2003

### 4.1 Humanistinen arvoperusta

Lukiokoulutuksen arvoperustasta lähtee liikkeelle suomalaisista ja eurooppalaisista arvoista (LOPS 2003) seuraavasti:

*Lukio-opetuksen arvoperusta rakentuu suomalaiseen sivistyshistoriaan, joka on osa pohjoismaista ja eurooppalaista kulttuuriperintöä.*

Humanismin ihannoitiin tuleen selvemmin esiin seuraavasta katkelmasta LOPS (2003) arvoperustasta:

*Lukio-opetuksen lähtökohtana on elämän ja ihmisoikeuksien kunnioitus. Lukion sivistysihanteena on pyrkimys totuuteen, inhimillisyyteen ja oikeudenmukaisuuteen. Lukiokoulutuksen tulee edistää avointa demokratiaa, tasa-arvoa ja hyvinvointia. Opiskelija ymmärretään oman oppimisensa, osaamisensa ja maailmankuvansa rakentajaksi. Opetuksessa tulee ottaa huomioon, että ihminen havainnoi ja jäsentää todellisuutta kaikkien aistiensa kautta.*

Humanististen hyveiden lisäksi, lukion arvoperusta nostaa esille konstruktivistisen näkökulman oppimiseen, käyttämällä rakentamisen metaforaa kuvaamaan oppimista. Humanististen arvojen ja todellisuuden välinen ristiriita tulee esille arvoperustasta (LOPS 2003) seuraavasti:

*Lukio-opetuksen tulee kannustaa tunnistamaan julkilausuttujen arvojen ja todellisuuden välisiä ristiriitoja sekä pohtimaan kriittisesti suomalaisen yhteiskunnan ja kansainvälisen kehityksen epäkohtia ja mahdollisuuksia.*

Siten vaikka opetussuunnitelma on tiukasti kiinnittynyt humanistisiin arvoihin, niin se antaa tilaa myös muille näkökulmille, joita fysiikka väistämättä tuottaa realistista maailmankuvaa luodessaan. Radikaali konstruktivismi on hyvin lähellä humanismia korostaessaan yksilön vapauksia ja oikeuksia. Sen takia humanististen arvojen

havaitseminen opetussuunnitelmasta antaa viitteitä opetussuunnitelman ohjeistamasta lähestymistavasta.

## 4.2 Konstruktivistinen oppimiskäsitys

Vuoden 2003 lukion opetussuunnitelma noudattaa konstruktivistista opetusteoriasuuntausta. Täsmällisemmin Holopainen M. (2012) luokittelee opetussuunnitelman noudattavan kognitiivis-konstruktivistista opetusteoriasuuntausta.

Lukoin opetussuunnitelmassa todetaan oppimiskäsityksestä seuraavasti (LOPS 2003):

### 3.1 Oppimiskäsitys

*Opetussuunnitelman perusteet pohjautuvat oppimiskäsitykseen, jonka mukaan oppiminen on seurausta opiskelijan aktiivisesta ja tavoitteellisesta toiminnasta, jossa hän vuorovaikutuksessa muiden opiskelijoiden, opettajan ja ympäristön kanssa ja aiempien tietorakenteidensa pohjalta käsittelee ja tulkitsee vastaanottamaansa informaatiota.*

*Opetuksessa tulee ottaa huomioon, että vaikka oppimisen yleiset periaatteet ovat kaikilla samat, se mitä opitaan, riippuu yksilön aikaisemmasta tiedosta ja hänen käyttämistään strategioista. Oppiminen on sidoksissa siihen toimintaan, tilanteeseen ja kulttuuriin, jossa se tapahtuu. Yhdessä tilanteessa opittu tieto tai taito ei automaattisesti siirry käytettäväksi toisenlaisissa tilanteissa.*

LOPS 2003 oppimiskäsitys lähtee selvästi liikkeelle yksilöstä konstruoimassa omaa tietorakennettaan, mikä sopii yhteen radikaalin-, triviaalin-, ja sosiaalisen konstruktivismin kanssa. Opiskelija on vuorovaikutuksessa muiden opiskelijoiden, ympäristön ja opettajien kanssa, mikä ei rajaa edellistä tulkintaa. ”Oppiminen on sidoksissa siihen toimintaan, tilanteeseen ja kulttuuriin, jossa se tapahtuu”, mikä voidaan tulkita viittaukseksi sosiaalisen konstruktionismin suuntaan. Konstruktionismista ei kuitenkaan ole kyse, sillä muualla puhutaan opiskelijan henkilökohtaisesta tietorakenteesta. Siten opetussuunnitelman (LOPS 2003) oppimiskäsitys sulkee pois behaviorismin ja sosiaalisen konstruktionismin mukaiset tulkinnat.

Konstruktivistinen oppilaskeskeisyys, tiedonrakentamisen metafora ja opettajan roolin pienentäminen tulevat ilmi äskeisestä opetussuunnitelman katkelmasta. Lukion opetussuunnitelman oppimiskäsityksestä näkyy selvästi konstruktivismin tavoitteleva, jopa niin vahvasti, että Holopainen (2012) toteaa seuraavasti: ”Suomalainen opetussuunnitelman määrittelemä opetus perustuu radikaaliin eli kognitiiviseen konstruktivismiin.” Tähän päätelmään saattaa tosin Holopaisella vaikuttaa oppimiskäsityksen tarkastelu historian opetuksen kannalta, jolloin ei ole perehdytty tarkemmin fysiikkaa koskevaan osioon. Siitä huolimatta kaikkia aineita käsittelevä opetussuunnitelman osa on selkeästi radikaalin konstruktivismin tulkinnan mukainen. Tämän LOPS 2003:ssa esitetyn oppimiskäsityksen saa taivutettua yhteneväksi maltillisemmän oppimiskäsityksen, eli triviaalin konstruktivismin muottiin, kun tarkastellaan fysiikan opetuksen vaatimuksia irrallaan muusta opetussuunnitelman kokonaisuudesta.

Jatketaan tarkastelua opetussuunnitelman kohdasta *Opiskeluympäristö ja Menetelmät*, jossa viitataan konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen seuraavasti (LOPS 2003):

### *3.2 Opiskeluympäristö ja -menetelmät*

Opiskelijan omaa aktiivista tiedonrakentamisprosessia korostavasta oppimiskäsityksestä seuraa, että lukion on luotava sellaisia opiskeluympäristöjä, joissa opiskelijat voivat asettaa omia tavoitteitaan ja oppia työskentelemään itsenäisesti ja yhteistoiminnallisesti erilaisissa ryhmissä ja verkostoissa. Heille tulee antaa tilaisuuksia kokeilla ja löytää omalle oppimistyylilleen sopivia työskentelymuotoja. Heitä tulee ohjata tiedostamaan, arvioimaan ja tarvittaessa korjaamaan omaa työskentelytapansa. Opetuksessa on myös otettava huomioon, että opiskelijoiden kyky opiskella itsenäisesti vaihtelee ja että he tarvitsevat eri tavoin opettajaa opiskelunsa ohjaajana. Opiskelijoiden yksilöllisyyden ja erilaisuuden vuoksi opetus- ja opiskelumuotojen tulee olla monipuolisia.

Terminä *opiskelijan oman tiedonrakentamisprosessi* on suoraan kuin konstruktivismin käsikirjasta. Työskentelymuotoina painotetaan sellaisia ”*opiskeluympäristöjä, joissa voi asettaa omia tavoitteita ja oppia työskentelemään itsenäisesti ja yhteistoiminnallisesti*”.



Omien tavoitteiden asettaminen viittaa konstruktivismin radikaaleihin tulkintoihin. Työskenteleminen itsenäisesti ja yhteistoiminnallisesti viittaa siten radikaaliin konstruktivismiin ja sen yhteisölliseen muotoon eli sosiaaliseen konstruktivismiin. Koko ajan kuitenkin muistetaan korostaa yksilöä konstruoimassa omaa tietorakennettaan, jolloin suljetaan pois sosiaalinen konstruktionismi, jossa tieto syntyy (eli konstruoidaan sosiaalisesti) ulkoisesti keskustelun avulla ja omaksutaan sisäisen puheen kautta.

#### **4.3 Aihekokonaisuudet – oppiainerajoja ylittävät avokannanotot**

Opetussuunnitelmaan on tuotu useita oppiainerajat ylittäviä aihekokonaisuuksia, joiden tarkoitus on olla kurssien sisällä näkyviä painotuksia, läpi lukio opetuksen, mutta ne eivät ole itsenäisiä kursseja. Opetussuunnitelma luonnehtii aihekokonaisuuksia avokannanotoiksi, joiden tulisi näkyä painotuksina eri kursseilla ja toimintakulttuurissa. Tässä kohtaa opetussuunnitelmaan on yritetty liittää laaja-alaista ilmiöoppimista radikaalin konstruktivismin hengessä, mutta niistä ei ole uskallettu tehdä varsinaisia kursseja.

#### **4.4 Fysiikan LOPS 2003 oppimiskäsitys**

Fysiikan osalta oppimiskäsitystä ei sanota suoraan. Toisaalta yleisessä osiossa kuvaillaan oppimiskäsitys, mutta jätetään nimeämättä se konstruktivistiseksi ja täsmällisemmin radikaaliksi konstruktivismiksi. Fysiikan opetukseen luvussa 4.1 esitetty oppimiskäsitys tuo ongelmia, joten on syytä tarkastella lähemmin fysiikan osiota ja mitä sinne on piilotettu rivien väliin. Fysiikan osalta todetaan vuoden 2003 opetussuunnitelmassa seuraavasti:

*Fysiikka on empiirinen luonnontiede, jossa luonnon perusrakennetta ja ilmiöitä pyritään ymmärtämään ja selittämään käyttäen luonnosta kokeellisin menetelmin saatavaa tietoa. Tavoitteena on löytää luonnossa yleispäteviä lainalaisuuksia ja esittää ne matemaattisina malleina.*

Tämä katkelma jo paljastaa fysiikan noudattavan triviaalin konstruktivismin käsitystä objektiivisesta tiedosta. Oikeaa tietoa saadaan luonnosta, eikä se ole mielipidekysymys. Toki oppilaan ennakkokäsitykset saattavat olla väärät ja niitä joudutaan korjaamaan konstruktivistisin menetelmin, kuten LOPS (2003) esittää:

*Opiskelija oppii tarkastelemaan luonnon rakenteita ja ilmiöitä omien aikaisempien tietojensa ja käsitystensä valossa. Hän oppii tiedostamaan ja kyseenalaistamaan ennakkokäsityksiään ja tarkentamaan maailmankuvaansa hankkimansa uuden tiedon perustella. Opiskelija oppii suunnittelemaan kokeita yhdessä ja keskustelemaan kokeellisesti hankitusta tiedosta tai aineistosta, sen käsittelystä ja mallintamisesta sekä sen luotettavuuden arvioimisesta. Opiskelijayhteisö oppii jakamaan uuden tiedon keskenään.*

Lukion fysiikan opetussuunnitelmasta nousee esille triviaali konstruktivismi, jota on täydennetty sosiaalisella aspektilla. Sosiaalisen konstruktivismin merkit eivät tässä kohta täyty, sillä siihen sisältyisi tulkinta subjektiivisesta totuudesta. Näin ollen fysiikka oli vanhan opetussuunnitelman mukaan totuuden etsimistä luonnosta, eikä mielipiteiden vaihtoa oppilaiden kesken. Tämä esitetään varsin selvästi seuraavassa katkelmassa fysiikan ohjeita (LOPS 2003):

*Luonnontieteiden opiskelussa tiedon hankkimiseen käytetään kokeellisia menetelmiä, erilaisia tiedon lähteitä sekä tapoja käsitellä tietoa. Fysikaalisen tiedon lähteenä on ensisijaisesti luonto. Koulussa luonnontieteellisen tiedon lähteinä ovat lisäksi oppi- ja tietokirjat, digitaaliset tietovarannot ja alan asiantuntijat.*

Silti yleisellä tasolla LOPS 2003 oppimiskäsityksissä ollaan hyvin lähellä radikaalia tulkintaa, kuten Holopainen (2012) toteaa. Oppimiskäsityksiin on syytä kiinnittää huomiota, sillä radikaalin konstruktivismin käsitys tiedosta ei ole yhtenevä fysiikan tieteellisen tiedon käsitteen kanssa ja tuottaa siten ristiriitoja sovellettaessa fysiikan tietorakenteeseen (Tenitz 2009). Varmuudella voidaan kuitenkin sanoa tämän vuoden 2003 opetussuunnitelman oppimiskäsityksen kuuluvan konstruktivismin laajan sateenvarjon alle.

## 4.5 Fysiikan kurssien yhteiset ohjeet

Fysiikan ohjeissa korostetaan fysiikan kokeellista luonnetta monin tavoin. Kokeellisuuden erin muotoja esiteltäessä paljastuu useita triviaaliin konstruktivismiin ja hahmottavaan lähestymistapaan viittaavia kohtia, joista seuraavassa katkelma (LOPS 2003):

*Fysiikan opiskelulle luonteenomainen kokeellisuus voi olla aihepiirin, opetuksen vaiheen ja välineiden mukaan opiskelijoiden omakohtaista työskentelyä, opettajan esittämiä demonstraatioita, vierailujen, videoiden tai vain kerronnan kautta tapahtuvaa toimintaa. Kokeellisuudella tuetaan opiskelijaa omaksumaan uusia luonnontieteellisiä käsitteitä, periaatteita ja malleja. Fysiikan opiskelu kehittää opiskelijan kokeellisen työskentelyn ja yhteistyön taitoja. Kokeellisuus auttaa opiskelijaa hahmottamaan luonnontieteiden luonnetta ja tukee luonnontieteellisen ajattelun kehittymistä.*

Opiskelija on tässä selvästi keskiössä, mutta opettaja on aktiivisesti ohjaamassa oppimisprosessia, kuten triviaaliin konstruktivismiin kuuluu. Maininta, jossa "Kokeellisuus auttaa opiskelijaa hahmottamaan luonnontieteiden luonnetta", voisi tulkita viittaavan hahmottavaan lähestymistapaan.

Konstruktivismin mukainen oppimiskäsitys heijastuu hyvin seuraavasta katkelmasta, jossa uutta asiaa tarkastellaan aina vanhaan aiemmin osattuun liittäen (LOPS 2003):

*Opiskelija oppii tarkastelemaan luonnon rakenteita ja ilmiöitä omien aikaisempien tietojensa ja käsitystensä valossa. Hän oppii tiedostamaan ja kyseenalaistamaan ennakkokäsityksiään ja tarkentamaan maailmankuvaansa hankkimansa uuden tiedon perustella. Opiskelija oppii suunnittelemaan kokeita yhdessä ja keskustelemaan kokeellisesti hankitusta tiedosta tai aineistosta, sen käsittelystä ja mallintamisesta sekä sen luotettavuuden arvioimisesta. Opiskelijayhteisö oppii jakamaan uuden tiedon keskenään.*

Tässä luvussa on viittauksia niin triviaaliin, radikaaliin kuin sosiaaliseen konstruktivismiin mukaisiin oppimistapoihin. Yleiset fysiikan ohjeistukset ovat siten konstruktivistiset ja suurimmaksi osaksi triviaalin konstruktivismin mukaiset.

## 4.6 Fysiikan kurssien sisällöt

Kurssien sisällöissä otetaan hyvin vähän kantaa opetustapoihin, mutta viitteitä lukion fysiikassa käytettävästä lähestymistavasta antavat fysiikan ensimmäisen kurssin tavoitteissa käytetyt verbit (LOPS 2003).

### 1. Fysiikka luonnontieteenä (FY1)

#### Tavoitteet

Kurssin tavoitteena on, että opiskelija

- saa tyydytystä tiedon ja ymmärtämisen tarpeelleen sekä saa vaikutteita, jotka herättävät ja syventävät kiinnostusta fysiikkaa kohtaan
- tutustuu aineen ja maailmankaikkeuden rakenteeseen liittyviin peruskäsitteisiin ja osaa jäsentää käsitystään luonnon perusrakenteista ja ilmiöistä fysiikan käsitteiden ja periaatteiden avulla
- ymmärtää, kuinka luonnontieteellinen tieto rakentuu kokeellisen toiminnan ja siihen kytkeytyvän mallintamisen kautta
- suunnittelee ja tekee yksinkertaisia luonnontieteellisiä kokeita sekä kykenee tulkitsemaan ja arvioimaan kokeellisesti saatua tietoa ja esittämään sitä muille
- tulkitsee ja mallintaa kokeellisen työn tuloksia graafisesti
- käyttää opiskelun tukena tieto- ja viestintätekniikkaa.

OPS 2003	Bloomin taksonomia
tutustuu	tietäminen
ymmärtää	ymmärtäminen
suunnittelee	soveltaminen
tulkitsee	analysointi
mallintaa	syntetisointi
arvioi	arviointi

Kuva 4.6: Fysiikan 1. kurssin tavoitteet ja Bloomin taksonomia

Tämä hierarkkinen lista muistuttaa Bloomin taksonomiaa, jota käsitellään luvussa 6.2. Kuvassa 4.6 on listattu fysiikan ensimmäisen kurssin tavoitteet ja YTL:n (2015) esittämä Bloomin taksonomia. Nämä ovat selvästi samaa paria, vaikka Bloomin taksonomiassa käytetään paikoitellen samaa tarkoittavaa, mutta eri termiä. Molemmista nähdään sama rakenne, jossa edellinen taso pitää osata, ennen kuin pääsee seuraavalle tasolle. Tästä tulee siten esille fysiikan hierarkkinen rakentuneisuus, ja siten triviaalin konstruktivismin mukainen hahmottava lähestymistapa

Fysiikan syventävien kurssien 2–8 tavoitteista voidaan havaita sama hierarkkinen tarina. Ensimmäisissä kurseissa lähdetään liikkeelle havainnoista ja kurssien edetessä mennään kohti teoriaa, kuten Bloomin taksonomiassa (YTL 2015) ja hahmottavassa lähestymistavassa (vertaa kuvaan 3.4) (Kurki-Suonio K. ja R. 1994). Täten vuoden 2003 lukion fysiikan opetussuunnitelma rakentuu triviaalin konstruktivismin mukaiselle hahmottavalle lähestymistavalle.

## 5 Lukion opetussuunnitelma 2015

### 5.1 Konstruktivistinen oppimiskäsitys

Lukion opetussuunnitelmissa on ollut vahvasti mukana konstruktivistinen oppimiskäsitys jo useiden vuosikymmenien ajan. Uusimmassa vuoden 2015 lukion opetussuunnitelmassa (LOPS 2015) konstruktivismin aate vain vahvistuu ja näkyy heti uuden lukiokohtaisen **opetussuunnitelman laatimista** ohjaavasta kappaleesta seuraavasti:

*Koulutuksen järjestäjä päättää, miten opetussuunnitelma laaditaan opetussuunnitelman perusteiden pohjalta. Lukion opetussuunnitelma laaditaan yhteistyössä lukion henkilöstön, opiskelijoiden, opiskelijoiden vanhempien ja huoltajien sekä säännösten edellyttämiltä osin lisäksi sosiaali- ja terveydenhuollon toimeenpanoon kuuluvia tehtäviä hoitavien viranomaisten kanssa. Yhteistyötä opetussuunnitelman laatimisessa voidaan tehdä myös muiden koulutuksen järjestäjien ja eri sidosryhmien kanssa. Kaikilla opiskelijoiden vanhemmilla ja huoltajilla tulee olla mahdollisuus tutustua opetussuunnitelmaan. Ennen opetussuunnitelman hyväksymistä koulutuksen järjestäjään tulee kuulla opiskelijakuntaa ja lukion henkilöstöä sekä varata lukion kaikille opiskelijoille mahdollisuus ilmaista mielipiteensä siitä. Yhteistyöllä eri tahojen kanssa pyritään varmistamaan lukiokoulutuksen korkeatasoisuus, yhteiskunnallinen merkittävyys sekä koko yhteisön sitoutuminen yhdessä määriteltyihin tavoitteisiin ja toimintatapoihin.*

Oppilaita lähdetään sitouttamaan opetussuunnitelmaan, kun heille annetaan sananvaltaa sen sisältöihin. Tämä on radikaalin ja sosiaalisen konstruktivismin peruskeinoja, joilla motivoidaan ihmisiä antamalla heidän päättää omista oppimissisällöistään. Oppimiskäsitys vuoden 2015 opetussuunnitelmassa on viety astetta pidemmälle verrattuna vuoden 2003 opetussuunnitelmaan. Seuraavassa **oppimiskäsitystä** käsittelevässä opetussuunnitelman (LOPS 2015) kohdassa esitellään konstruktivistinen oppimiskäsitys, mainitsematta konstruktivismia:

### 3.1 Oppimiskäsitys

*Opetussuunnitelman perusteet pohjautuvat oppimiskäsitykseen, jonka mukaan oppiminen on seurausta opiskelijan aktiivisesta, tavoitteellisesta ja itseohjautuvasta toiminnasta. Oppimisprosessin aikana opiskelija tulkitsee, analysoi ja arvioi eri muodoissa esitettyä informaatiota, rakentaa uutta tietoa ja syventää siten osaamistaan aikaisempien kokemustensa ja tietojensa pohjalta. Ohjaus ja rakentava palaute vahvistavat itseluottamusta ja auttavat opiskelijaa kehittämään ajatteluaan ja työskentelemään tarkoituksenmukaisella tavalla.*

*Oppiminen tapahtuu vuorovaikutuksessa muiden opiskelijoiden, opettajien, asiantuntijoiden ja yhteisöjen kanssa erilaisissa ympäristöissä. Se on monimuotoista ja sidoksissa siihen toimintaan, tilanteeseen ja kulttuuriin, jossa se tapahtuu. Lukio-opinnoissa opiskelijoita ohjataan havaitsemaan käsitteiden, tiedonalojen ja osaamisen välisiä yhteyksiä sekä soveltamaan aiemmin oppimaansa muuttuvissa tilanteissa. Oppimisprosesseistaan tietoiset opiskelijat osaavat arvioida ja kehittää opiskelu- ja ajattelutaitojaan. Näin kehittyvät myös elinikäisen oppimisen edellyttämät taidot. Opintoihin liittyvät onnistumiset ja muut myönteiset kokemukset edistävät oppimista ja innostavat osaamisen kehittämiseen.*

Ensimmäinen kappale on puhdasta yksilökeskeistä radikaalia konstruktivismia, jossa oppiminen on seurausta aktiivisesta, tavoitteellisesta ja itseohjautuvasta toiminnasta.

Tästä jatketaan konstruktivismin rakentamismetaforalla pohjautuen vanhoihin tietoihin ja kokemuksiin, samalla yksilön ollessa keskiössä. Opettajan rooliksi kuvataan ohjaus ja rakentava palaute, mikä viittaa myös radikaaliin tulkintaan.

Jälkimmäinen kappale korostaa opiskelun sosiaalista toiminnallista ja kulttuurista puolta, mikä viittaa sosiaaliseen konstruktivismiin. Maltillisempaa triviaalin konstruktivismin näkemystä edustaa lause, ” *Lukio-opinnoissa opiskelijoita ohjataan havaitsemaan käsitteiden, tiedonalojen ja osaamisen välisiä yhteyksiä sekä soveltamaan aiemmin oppimaansa muuttuvissa tilanteissa* (LOPS 2015).” Tässä katkelmassa sanat ”ohjataan havaitsemaan” viittaa valmiiseen tai objektiiviseen tietoon ja siten triviaaliin konstruktivismiin. *Oppimisprosesseistaan tietoiset opiskelijat osaavat arvioida ja kehittää opiskelu- ja ajattelutaitojaan* (LOPS 2015). Oppimisen

kehittäminen nähdään lähtevän sisältä päin itsenäisesti tapahtuvana tietoisena toimintana, mikä on jälleen radikaalin konstruktivismin mukaista.

Kokonaisuutena oppimiskäsitystä kuvaava luku on konstruktivistista oppimiskäsitystä mukaileva, mutta siitä voi poimia kuhunkin aatesuuntaan kallellaan oleva sopivia radikaaleja, sosiaalisia ja triviaaleja konstruktivisia näkemyksiä omiin tarpeisiinsa. Oppimiskäsityksen pääpainon on kuitenkin tukevasti radikaalin konstruktivismin puolella. Olennaista on havaita myös mitä ei sanota. Opettajan roolista opettamassa ei mainita mitään. Tämä tieto viittaa selvästi radikaaliin ja sosiaaliseen konstruktivismiin.

**Opiskeluympäristön ja –menetelmien** osalta LOPS (2015) sanoo seuraavasti:

*Lukion opiskeluympäristöjä ja -menetelmiä koskevien ratkaisujen lähtökohtana ovat oppimiskäsitys sekä opetukselle asetetut tavoitteet. Opiskeluympäristöjen ja -menetelmien valinnan ja kehittämisen perustana ovat myös opiskelijoiden edellytykset, kiinnostuksen kohteet, näkemykset ja yksilölliset tarpeet.*

Tässä viitataan suoraan aiemmin käsiteltyyn konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen, jonka mukaisesti oppimisympäristöt tulisi rakentaa. Myös tavoitteet, opiskelijoiden edellytykset ja kiinnostuksen kohteet viittaavat suoraan konstruktivistiseen ideologiaan.

**Opiskeluympäristö ja menetelmät** jatkuu seuraavasti (LOPS 2015):

*Koska oppiminen on monimuotoista ja sidoksissa aiemmin hankittuun osaamiseen, käytetään lukiossa monipuolisia opetus-, ohjaus- ja opiskelumenetelmiä. Menetelmien valinnassa otetaan huomioon eri oppiaineissa edellytetty käsitteellinen ja menetelmällinen osaaminen. Tutkimiseen, kokeilemiseen ja ongelmanratkaisuun perustuvat opiskelumenetelmät edistävät oppimaan oppimista ja kehittävät kriittistä ja luovaa ajattelua. Menetelmällisillä ratkaisuilla voidaan rakentaa kokonaisuuksien hallintaa ja oppiainerajat ylittävää osaamista.*



Aluksi puhutaan monipuolisista opetus-, ohjaus- ja opiskelumenetelmistä, joita sovelletaan kunkin oppiaineen edellytysten mukaan. Tämä ei vielä ota suuremmin kantaa opetuksen lähestymistapoihin. Lopuksi nostetaan kuitenkin kokeelliset ja tutkivat ongelmanratkaisumenetelmät erityisasemaan eli korostetaan konstruktivistisia työtapoja.

Lukion **toimintakulttuurin** kehittämistä ohjaavat teemat (LOPS 2015):

*Oppiva yhteisö*

*Osallisuus ja yhteisöllisyys*

*Hyvinvointi ja kestävä tulevaisuus*

*Kulttuurinen moninaisuus ja kielitietoisuus*

Näistä lukion toimintakulttuurin teemoista kahdesta ensimmäisestä välittyy sosiaalinen konstruktivismi. Teemojen sisältöjä tutkimalla paljastuu myös radikaalin konstruktivismin mukaisia ohjeita, kuten: *”Toiminta on opiskelijälähtöistä, ja se vahvistaa opiskelijoiden omaa toimijuutta, kehitystä ja oppimista* (LOPS 2015). Kokonaisuutena on syytä todeta lukion opetussuunnitelman arvoperusteiden ja opetussuunnitelman toteuttamista koskevan osion olevan täysin konstruktivistinen ja painottuvan radikaaliin suuntaan. Radikaalista konstruktivismista jatkojalostettu sosiaalisen konstruktivismin on myös selvästi esillä vuoden 2015 lukion opetussuunnitelmassa. Näillä molemmilla konstruktivismin suuntauksilla on hyvin samankaltainen subjektiivinen tulkinta siitä mikä on oikeaa tietoa ja miten tiedon lopullinen konstruointi prosessi tapahtuu aina yksilötasolla. Opetussuunnitelmassa kerrotaan, miten opiskelija liittää uuden tiedon vanhaan tietoon omassa mielessään, kuten eri konstruktivismin suuntauksissa tehdään.

## **5.2 Yleisten oppimistavoitteiden mukaiset lähestymistavat (LOPS 2015)**

Opetussuunnitelman oppimistavoitteita tarkastellessa niistä löytyy pääosin konstruktivistisia ja humanistisia tavoitteita. Humanistiset tavoitteet sivuutetaan tässä tutkimuksessa, sillä fysiikka ei ole mielipidekysymys. Opetussuunnitelma kuitenkin

ohjaa lähestymään ongelmia eri tulokulmista, jolloin fysikaalinen ja humanistinen tulkinta törmäävät. Fysiikka ei ole kuitenkaan mielipidetiedettä, joten nämä laajemmat keskustelut menevät arvokeskustelun puolelle, eivätkä siten ole fysiikan opiskelun ytimessä. Fysiikka kuitenkin tuo näihin keskusteluihin oman todellisuuteen perustuvan näkökulmansa, jonka perusteella arvoista ja valinnoista voidaan keskustella. Seuraavassa katkelma LOPS 2015 **opetuksen yleisistä tavoitteista**, joissa fysiikan roolina on tuoda keskusteluun todellisuutta kuvaava näkökulma arvo- ja mielipidekysymysten rinnalle:

*Lukio-opetus vahvistaa opiskelijan tietoisuutta ihmisen toiminnan vaikutuksista ympäristön tilaan. Opetus ohjaa opiskelijaa ymmärtämään kestävän elämäntavan välttämättömyyden ja moniulotteisuuden. Opetus kannustaa opiskelijaa tunnistamaan ja käsittelemään eettisiä kysymyksiä, ristiriitoja ja jännitteitä monista näkökulmista. Se rohkaisee opiskelijaa vaikuttamaan ja toimimaan nykyistä oikeudenmukaisemman, kestävämmän ja ihmisoikeuksia paremmin kunnioittavan yhteiskunnan ja maailman puolesta.*

Fysiikka on tärkeä osa arvoihin perustuvaa keskustelua. Opetussuunnitelma tunnustaa implisiittisesti fysiikan osoittaman todellisuuden ja arvomaailman välisen ristiriidan. Tähän haasteeseen fysiikka joutuu vastaamaan, mutta se ei saa vaikuttaa varsinaiseen fysiikan opettamiseen. Tilanteissa, joissa fysiikka osallistuu arvokeskusteluun, opittua fysiikkaa sovelletaan lähinnä tekemällä päätelmiä ja ennusteita todellisesta maailmasta.

Fysiikan opettamisen osalta keskeinen luku tavoitteista kuuluu seuraavasti (LOPS 2015):

*Lukioaikana opiskelija saa monipuolisia kokemuksia uuden tiedon ja osaamisen rakentamisesta myös oppiainerajat ylittäen. Opiskelija kehittää tiedonhankinta- ja soveltamistaitojaan sekä ongelmanratkaisutaitojaan. Opiskelija saa kokemuksia tutkivasta oppimisesta sekä osallisuudesta tieteen ja tutkimuksen tekoon. Opetus vahvistaa opiskelijan monilukutaitoa niin, että hän ymmärtää tieteen- ja taiteenaloille ominaista kieltä sekä osaa tuottaa ja tulkita erilaisia*

*tekstejä. Opiskelija tottuu arvioimaan tiedon luotettavuutta. Lukio-opetuksessa arvostetaan ja tuodaan näkyväksi kieliä monipuolisesti. Opiskelija harjaantuu toimimaan sekä molemmilla kotimaisilla kielillä että vierailla kielillä. Opetus ohjaa opiskelijaa syventämään ymmärrystään tieto- ja viestintäteknologiasta sekä käyttämään sitä tarkoituksenmukaisesti, vastuullisesti ja turvallisesti niin itsenäisessä kuin yhteisöllisessäkin työskentelyssä.*

Tässä LOPS 2015 tavoitteitten katkelmassa tulee heti vastaan kokemuksellinen oppiminen ja uuden tiedon konstruointi. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaiset tavoitteet jatkuvat samassa kappaleessa: *"Opiskelija kehittää tiedonhankinta- ja soveltamistaitojaan sekä ongelmanratkaisutaitojaan."* Seuraavaksi *saadaan kokemuksia tutkivasta oppimisesta*, mikä on yksi konstruktivismin radikaalien muotojen lempilapsista. Triviaalin konstruktivismin näkemykseen sopii tavoite: *"Opiskelija tottuu arvioimaan tiedon luotettavuutta."* Yleisesti konstruktivismi havaitaan opetussuunnitelman tavoitteissa muotoina, joissa: *opetus ohjaa, opetus vahvistaa, opiskelija kehittää ja opiskelija saa* (LOPS 2015). Näissä painotuksen keskiössä on koko ajan opiskelija ja vieläpä yksin, ei ryhmänä. Nämä tavoitteet on siten laadittu radikaalin konstruktivismin näkökulmasta, vaikka lopuksi huomautetaan myös *yhteisöllisestä työskentelystä*, eli vihjataan vähän myös sosiaalisen konstruktivismin suuntaan. Muutama poiminta opetussuunnitelman tavoitteissa esiintyvistä konstruktivismia viestivistä sisällöistä ja sananvalinnoista:

- *uuden tiedon rakentaminen*
- *monipuolisia kokemuksia*
- *opiskelija kehittää*
- *opetus ohjaa*
- *opetus kannustaa*
- *elinikäinen oppiminen*
- *vertaisoppiminen*
- *projektioppiminen*

### 5.3 Ilmiöpohjaisuus opetuksen keskeisenä sisältönä

**Ilmiöpohjaisuus** on käsitteenä uudehko ja sitä ei ole määritelty tyhjentävästi (Leppiniemi 2016). **Ilmiöpohjainen oppiminen** opetusmetodina toteuttaa radikaalia konstruktivismia ja tarvittaessa sitä täydennetään sosiaalisella kanssakäymisellä, jolloin ilmiöpohjaisuus on sosiaalista konstruktivismia. Ilmiöpohjaisuudessa oppilas (tai oppilaat) päättää oman mielenkiintonsa johdattamana tutkia laajaa oppiainerajat ylittävää aihekokonaisuutta. Ilmiöpohjaisen oppimisen tavoitteena on olla vuoden 2014 perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden oppimiskäsitystä edustava oppimismalli. (Leppiniemi 2016) Seuraavaan luetteloon on kerätty ilmiöpohjaiseen oppimiseen liitettyjä ominaisuuksia, jotka Leppiniemi (2016) mainitsee pro gradussaan.

- oppiainerajat ylittävä
- oppilaskeskeinen menetelmä
- ratkaisu motivaatioon
- melkein sama kuin tutkiva oppiminen
- kokemuksellinen oppiminen
- monialainen oppimiskokonaisuus – ilmiöpohjainen viikko
- osallistaa oppiaita
- oppimisprosessi yhtä tärkeää kuin lopputulos
- työn suunnittelu ja arviointi opiskelijalle

Leppiniemi (2016) yrittää gradussaan määritellä ilmiöpohjaisuutta käsitteenä, mutta toteaa sen olevan vielä epämääräinen ja olettaa sen täsmentyvän muutamassa vuodessa.

Uusi opetussuunnitelma (LOPS 2015) määrittää lukiokoulutuksen tehtäväksi suurten kokonaisuuksien ja ilmiöiden jäsentämisen.

*”Lukio-opetus harjaannuttaa opiskelijaa ymmärtämään elämässä ja maailmassa vallitsevia monitahoisia keskinäisriippuvuuksia sekä jäsentämään laaja-alaisia ilmiöitä.”*

Tähän haasteeseen myös fysiikka tieteenä pyrkii antamaan vastauksia. Fysiikka luo yhtenäistä maailmankuvaa luonnon ilmiötä selittämällä. Uutena sisältönä opetussuunnitelmaan on tuotu *Aihekokonaisuudet*, jotka ovat laajoja teemaopintoja tai oikeastaan ilmiöpohjaisen oppimisen aihekokonaisuuksia. Vertaamalla vanhaan (LOPS 2003) opetussuunnitelmaan nähdään aihekokonaisuuksien edellinen kehitysversio. LOPS 2003 otti käyttöön oppiainerajat ylittäviä aihekokonaisuuksia, joiden tarkoitus oli toimia arvokannanottoina ja painotuksina eri aineissa, mutta ne eivät olleet varsinaisesti itsenäisiä kursseja (vertaa luku 4.3). Vuoden 2015 opetussuunnitelmassa olevat **aihekokonaisuudet**, ovat edelleen arvokannanottoja, jotka näkyvät läpäisevästi eri kursseilla. Aihekokonaisuuksien otsikot, menemättä sisältöihin, ovat (LOPS 2015):

- *aktiivinen kansalaisuus, yrittäjyys ja työelämä*
- *hyvinvointi ja turvallisuus*
- *kestävä elämäntapa ja globaali vastuu*
- *kulttuurien tuntemus ja kansainvälisyys*
- *monilukutaito ja mediat*
- *teknologia ja yhteiskunta.*

Aihekokonaisuudet ovat hyvin laajoja ja mahdollistavat monta erilaista tulokulmaa aiheeseen. Ilmiöpohjaisuus tässä muodossa tarkoittaa oppimiskäsityksen kannalta moneen kertaan opetussuunnitelmassa nähtyä radikaalia konstruktivismia, jota voidaan tarvittaessa täydentää sosiaalisella aspektilla. Opiskelijoille tarjotaan myös projektioppimista valtakunnallisten kurssien teemaopintoina (TO1, TO2 ja TO3). Teemaopinnoissa opiskelijoille tarjotaan projektioppimista, ja opettajille on varattu neuvonantajan rooli radikaalin konstruktivismin hengessä.

## 5.4 Fysiikan kurssien yhteiset ohjeet

Opetussuunnitelman fysiikan kurssien yhteisissä ohjeissa hahmotellaan yleisellä tasolla lukiossa tapahtuvaa fysiikan opiskelua. Tässä fysiikan yleisiä ohjeita erittelevässä luvussa pyritään ennen kaikkea löytämään eri lähestymistapoihin viittaavat kohdat. Nämä lukiofysiikkaan ohjeet kuvaavat oppiaineen roolia yleissivistyksessä ja samalla liittävät sen osaksi vallalla olevaa arvomaailmaa. Lisäksi kerrotaan, millaista fysiikan opetuksen tulisi lukiossa olla (LOPS 2015):

*Fysiikan opetus tukee opiskelijoiden luonnontieteellisen ajattelun sekä maailmankuvan kehittymistä osana monipuolista yleissivistystä. Opetus ohjaa opiskelijaa ymmärtämään fysiikan merkitystä jokapäiväisessä elämässä, ympäristössä, yhteiskunnassa ja teknologiassa. Opiskelijat kehittävät valmiuksiaan opiskella luonnontieteellisillä ja luonnontieteitä soveltavilla aloilla. Opetuksessa sovelletaan fysiikkaa monipuolisissa tilanteissa, mikä edistää myös opiskelijoiden koulutuksellista yhdenvertaisuutta ja tasa-arvoa. Opetus välittää kuvaa fysiikan merkityksestä kestävän tulevaisuuden rakentamisessa: fysiikkaa tarvitaan uusien teknologisten ratkaisujen kehittämisessä sekä ympäristön ja ihmisten hyvinvoinnin turvaamisessa. Opetus ohjaa opiskelijoita ottamaan vastuuta omasta toiminnastaan sekä ympäristöstä.*

Opettajan roolina on siten ohjata opiskelijaa mutta myös opettaa häntä, joten tässä kohtaa opetussuunnitelmaa on siirrytty suuressa määrin triviaalin konstruktivismin puolelle, vaikka radikaalia suuntausta on myös havaittavissa.

*Fysiikan opetuksen tuella opiskelijan käsitykset fysiikan käsitteistä rakentuvat, ja opiskelija ymmärtää niitä kvalitatiivisella ja kvantitatiivisella tasolla. Opiskelijoiden aikaisemmat kokemukset, uudet havainnot ja näkökulmat muokkautuvat opiskelijoiden ja opettajien vuorovaikutuksessa johdonmukaiseksi kokonaisuudeksi kohti fysiikan teorioiden mukaista käsitystä ympäröivästä todellisuudesta. Opetus ohjaa luonnontieteille ominaiseen ajatteluun, tiedonhankintaan, tietojen käyttämiseen, ideointiin, vuorovaikutukseen sekä tiedon luotettavuuden ja merkityksen arviointiin. Tieto- ja viestintäteknologiaa käytetään muun muassa mallintamisen välineenä, tutkimusten tekemisessä ja tuotosten laatimisessa.*

(LOPS 2015)

Käsitteiden rakentuminen opetuksen tuella ja niiden ymmärtäminen kvalitatiivisella ja kvantitatiivisella tasolla viittaavat suoraan triviaaliin konstruktivismiin ja Kurki-Suonioiden hahmottavaan lähestymistapaan. Lopuksi todetaan vielä tieto- ja viestintäteknologian olevan alisteista fysiikan opiskelulle, jolloin niitä käytetään työkaluina, eivätkä ne ole itsetarkoituksena.

*Fysiikan opetuksen lähtökohtana ovat ympäristöstä tehdyt havainnot. Kokeellisuus eri muodoissaan tukee käsitteiden omaksumista ja ymmärtämistä, tutkimisen taitojen oppimista ja luonnontieteiden luonteen hahmottamista. Opiskelijoiden oma kokeellinen työskentely kehittää työskentelyn ja yhteistyön taitoja, luovaa ja kriittistä ajattelua sekä innostaa opiskelijoita fysiikan opiskeluun. Opiskelun edetessä tutkimisen taidot kehittyvät sekä kokonaisvaltaisesti että kunkin kurssin keskeisten sisältöjen osalta. Kokeellisessa työskentelyssä toimitaan työturvallisuuslainsäädännön mukaisesti.* ( LOPS 2015)

Tekstistä painotetaan kokeellisuutta kaikissa muodoissaan, mutta lähtökohtana ovat kuitenkin ympäristöstä tehdyt havainnot. Tällöin opetukselta vaaditaan konstruktivistista lähtökohtaa, ja käytännössä liki kielletään teoreettinen lähestymistapa. Kokeellisuuteen kuuluu kuitenkin myös todentava kokeellisuus, joka on leimallista teoreettiselle lähestymistavalle. On kuitenkin huomioitava, että esimerkiksi hahmottavan lähestymistavan mukainen opetus sisältää koko fysiikan kiertoprosessin, jossa yhtenä osana on todentava kokeellisuus. Fysiikan opetukseen kuuluu siten LOPS 2015 mukaan edelleen ennusteita tekevä kokeellisuus, vaikka jotkut kuvittelevat sen varatun vain teoreettiselle lähestymistavalle. Tässä luvussa ilmenevä oppimisen suunta on havainnoista kohti teoriaa, kuten hahmottavassa lähestymistavassa. Huomionarvoista on nostaa esille virke: ”*Opiskelun edetessä tutkimisen taidot kehittyvät sekä kokonaisvaltaisesti että kunkin kurssin keskeisten sisältöjen osalta.*” Tässä viitataan fysiikan kurssien 2–7 sisään rakennettuun opetuskokonaisuuteen, jonka kuluessa opiskelija oppii tekemään ryhmässä yksinkertaista fysiikan tutkimusta. Opetussuunnitelmassa on siten selkeä konstruktivistinen juoni, joka asteittain kehittää opiskelijan fysiikan tutkimuksen

taitoja, josta tarkemmin luvussa 5.7. Tämänkaltaisen ulkoapäin tapahtuva opetuksen tavoitteellinen ohjaaminen viittaa triviaaliin konstruktivismiin.

## 5.5 Fysiikan opetuksen tavoitteet

Vuoden 2015 opetussuunnitelmassa fysiikan opetukselle annetaan seuraavat tavoitteet (LOPS 2015):

### *Opetuksen tavoitteet*

*Fysiikan opetuksen tavoitteena on, että opiskelija*

- saa ohjausta fysiikan osaamisensa tunnistamisessa, omien tavoitteiden asettamisessa, oppimishaasteiden kohtaamisessa ja fysiikan opiskelustrategioiden soveltamisessa*
- saa mahdollisuuksia perehtyä fysiikan soveltamiseen monipuolisissa tilanteissa, kuten luonnossa, elinkeinoelämässä, järjestöissä tai tiedeyhteisöissä*
- osaa muodostaa kysymyksiä tarkasteltavista ilmiöistä ja kehittää kysymyksiä edelleen tutkimusten, ongelmanratkaisun tai muun toiminnan lähtökohdiksi*
- osaa suunnitella ja toteuttaa kokeellisia tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa*
- osaa käsitellä, tulkita ja esittää tutkimusten tuloksia sekä arvioida niitä ja koko tutkimusprosessia*
- osaa muodostaa, tulkita ja arvioida erilaisia malleja sekä käyttää niitä ilmiöiden kuvaamiseen ja ennusteiden tekemiseen*
- osaa käyttää monipuolisia tietolähteitä ja arvioida niitä kriittisesti fysiikan tietojensa avulla*
- osaa ilmaista johtopäätöksiä ja näkökulmia fysiikalle ominaisilla tavoilla*
- jäsentää käsitystään luonnon rakenteista ja ilmiöistä fysiikan käsitteiden ja periaatteiden avulla*
- ymmärtää luonnontieteellisen tiedon luonnetta ja kehittymistä sekä tieteellisiä tapoja tuottaa tietoa*
- osaa arvioida fysiikan ja teknologian merkitystä yksilön ja yhteiskunnan kannalta.*



Fysiikan tavoitteiden alku on peruskonstruktivismia, jossa ”*opiskelija saa ohjausta osaamisensa tunnistamiseen, omien tavoitteiden asettamiseen – –*”. Tällöin opiskelija on keskiössä aktiivisena toimijana. Tutkiminen ja kokeellinen työskentely ovat keskeisiä opittavia taitoja, joihin fysiikan tavoitteiden mukaan tulee pyrkiä. Kokeellisuus on fysiikalle ominainen työtapa, mutta ottamalla kokeellisuus opetuksen lähtökohdaksi suljetaan pois mahdollisuus käyttää laajasti teoreettista lähestymistapaa. Tavoitteissa ei kuitenkaan suoranaisesti kielletä teoreettisen lähestymistavan käyttöä tarvittaessa. Tavoitteista tulee kokonaisuutena esille fysiikan tutkimuksen sykli, jossa tehdään havaintoja ja niistä päätelmiä. Näistä edelleen rakennetaan malleja ja tehdään ennusteita, joita arvioidaan tieteellisesti, jolloin päädytään fysiikan tieteellisen kiertoprosessin alkuun (Vertaa kuvaan: 3.3: Hahmottamisen kaksisuuntainen dynamiikka). Näihin opetuksen tavoitteisiin sopii selvästi parhaiten Kurki-Suonioiden hahmottava lähestymistapa, mikä lienee ollut opetussuunnitelman laatijoiden mallina. Myöskään kokeellinen lähestymistapa ei ole erityisen kaukana näistä tavoitteista, sillä fysiikan teoreettiselle puolelle annetaan varsin vähäinen painoarvo. Kokonaisuutena tavoitteet edustavat konstruktivismia, mutta eivät julista radikaalia tulkintaa konstruktivismista, kuten opetussuunnitelma yleisellä tasolla.

## 5.6 Arviointi

Fysiikan osalta arvioinnin ohjeistukset ovat varsin niukat ja yleisellä tasolla ilmaistut. Arvioinnissa painotetaan kurssikohtaisia tavoitteita ja keskeisiä sisältöjä. Seuraavassa arviointikappale kokonaisuudessaan (LOPS 2015):

### *Arviointi*

*Arviointi kohdistuu fysiikan yleisten tavoitteiden saavuttamiseen kurssikohtaisia tavoitteita ja keskeisiä sisältöjä painottaen. Oppimisprosessin aikana annettu arviointi ja palaute tukevat opiskelijaa kehittämään ja tiedostamaan fysiikan osaamistaan. Kurssin arvosanan antaminen perustuu monipuoliseen näyttöön ja opiskelijan käsitteellisten ja menetelmällisten tietojen ja taitojen havainnointiin. Fysiikan tietoja ja niiden soveltamista voidaan osoittaa eri tavoin, kuten*

*selittämällä, graafisesti mallintamalla ja matemaattisia malleja käyttämällä. Erilaisten tuotosten lisäksi voidaan arvioida työskentelyn eri vaiheita, kuten kysymysten muodostamista, ongelmaratkaisuprosessin jäsennettyä kuvaamista ja tutkimisen taitoja. Arvioinnissa otetaan huomioon kokeellisen työskentelyn taidot sekä tiedon hankinnan ja käsittelyn taidot.*

Arvioinnin vaatimuksena on monipuolinen näyttö ja opiskelijan käsitteellisten ja menetelmällisten tietojen ja taitojen havainnointi. Arvioinnista ei ole tarkkaa ohjeistusta, joten sitä voidaan soveltaa joustavasti, eikä tarvitse tiukasti noudattaa opetussuunnitelman yleistä osiota. Ainoana selvänä vaatimuksena, jota ei voi sivuuttaa, ovat *kokeellisen työskentelyn taidot sekä tiedon hankinnan ja käsittelyn taidot* (LOPS 2015). Kun nämä taidot kerran on otettava huomioon arvostelussa, niin mitä ilmeisimmin opetuksen myös veloitetaan sisältävän kokeellista työskentelyä, tiedonhankintaa ja -käsittelyä. Kokonaisuutena lukion opetussuunnitelman arvioinnin määräykset ovat konstruktivistiset, mutta sen keskeiset vaatimukset eivät sulje opetuksesta pois teoreettista lähestymistapaa, jos sitä on välillä tarve käyttää. Pelkästään teoreettisen lähestymistavan käyttäminen on kuitenkin selkeästi ristiriidassa opetussuunnitelman (LOPS 2015) kanssa. Täten säilytetään osa suomalaisen opettajan autonomiaa, vaikka ohjeistukset ovat hyvin voimakkaasti konstruktivististen taustaoletuksien mukaisia.

## **5.7 Pakolliset ja syventävät kurssit**

Uudessa vuoden 2015 lukion opetussuunnitelmassa on fysiikan osalta karsittu pois yksi syventävä kurssi niiltä, jotka aikovat kirjoittaa fysiikan, eli fysiikan pakollisia ja syventäviä kursseja on yhteensä seitsemän. Ensimmäinen kurssi on edelleen kaikille pakollinen yleissivistävä kurssi, jossa kurkistetaan vähän joka suuntaan fysiikan saralla mutta ei vielä syvennytä juuri muuhun kuin voimaan ja liikeilmiöihin.

Lukion fysiikan kurssit (LOPS 2015):

- 1. Fysiikka luonnontieteenä (FY1)*
- 2. Lämpö (FY2)*
- 3. Sähkö (FY3)*
- 4. Voima ja liike (FY4)*
- 5. Jaksollinen liike ja aallot (FY5)*
- 6. Sähkömagnetismi (FY6)*
- 7. Aine ja säteily (FY7)*

Edellisen opetussuunnitelman (LOPS 2003) 5-kurssi Pyöriminen ja gravitaatio (FY5) poistettiin opetussuunnitelmasta. Vanhan FY5 Kurssin sisällöistä osa liitettiin muihin kursseihin, mutta puolet sen sisällöistä on täysin poistettu lukion fysiikan opetussuunnitelmasta. Fysiikan ensimmäinen kurssi on siis johdantokurssi ja loput kuusi ovat valtakunnallisia syventäviä.

Seuraavaksi tarkastellaan fysiikan ensimmäisen kurssin tavoitteita ja sisältöjä, jotka johdattelevat syventävien kurssien aikana rakentuvaan suurempaan kokonaisuuteen. Tässä kurssirajat ylittävässä kokonaisuudessa opetetaan fysiikalle ominainen kokeellinen työskentelyprosessi alusta loppuun (LOPS 2015):

### **1. Fysiikka luonnontieteenä (FY1)**

#### *Tavoitteet*

- *ymmärtää, kuinka luonnontieteellinen tieto rakentuu kokeellisen toiminnan ja siihen kytkeytyvän mallintamisen kautta*
- *osaa suunnitella ja toteuttaa yksinkertaisia luonnontieteellisiä kokeita*
- ...

#### *Keskeiset sisällöt*

- *tutkimukset ja mallintaminen fysikaalisen tiedon rakentumisessa*
- *tulosten kerääminen, esittäminen graafisesti ja luotettavuuden arviointi*
- ...

FY1 kurssissa hahmotellaan koko fysikaalisen tiedon tuottamisprosessi. Kurssi on kaikille pakollinen: kaikkien lukion käyneiden halutaan ymmärtävän mitä fysiikka on tieteenä. Sama juoni on kirjoitettu yksityiskohtaisemmin kursseihin FY2 – FY7, joiden kuluessa opetellaan tekemään fysiikkaa tieteenä.

## 5.8 Fysiikan kurssit läpäisevä opintokokonaisuus

Fysiikan syventävien kurssien aikana on tarkoitus oppia tekemään kokonainen fysiikan koe alusta loppuun ryhmässä työskennellen ja samalla oppia paljon muuta fysiikasta. Tämä oppimiskokonaisuus on pilkottu ja jaettu fysiikan syventäviin kursseihin siten, että kokeelliseen työskentelyyn harjaannutaan vaihe vaiheelta käyden läpi koko fysiikalle ominainen tutkimuksen ja tiedonrakentamisen sykli. Tämä kokonaisuuden rakentuminen käy ilmi seuraavista poiminnoista FY2 – FY7–kurssien keskeisistä sisällöistä ja tavoitteista (OPS 2015). Näiden kursseihin hajautettujen opintojen avulla rakentuu isompi oppimiskokonaisuus, mikä opettajan on syytä huomata lukion kursseja suunnitellessaan. Alla listana poiminnot eri kurssien keskeisistä sisällöistä ja tavoitteista, joiden avulla tämä isompi oppimiskokonaisuus rakentuu (OPS 2015):

<i>FY2</i>	<i>tutkimuksen tai ongelmanratkaisun ideointia ja suunnittelua</i>
<i>FY3</i>	<i>harjaantuu matemaattisessa mallintamisessa ja suureyhtälöiden käyttämisessä</i>
<i>FY3</i>	<i>osaa tutkia kokeellisesti sähköön liittyviä ilmiöitä ja osaa tehdä sähköopin perusmittauksia</i>
<i>FY3</i>	<i>osaa käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa tutkimusten tekemisessä</i>
<i>FY3</i>	<i>sähköturvallisuus, kytkentöjen tekeminen ja virtapiirien tutkiminen</i>
<i>FY4</i>	<i>osaa tutkia kokeellisesti voimaan ja liikkeeseen liittyviä ilmiöitä</i>
<i>FY4</i>	<i>harjaantuu graafisten esitysten käyttämisessä ja tuottamisessa.</i>
<i>FY4</i>	<i>mallien käyttäminen ja muodostaminen sekä niiden rajoitukset ja puutteet</i>
<i>FY5</i>	<i>osaa käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa mallintamisen välineenä</i>
<i>FY5</i>	<i>mallien ja simulaatioiden suhde todellisuuteen</i>
<i>FY6</i>	<i>osaa käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa tuotosten</i>

	<i>muodostamisessa</i>
<i>FY6</i>	<i>harjaantuu ilmaisemaan itseään fysiikalle ominaisilla tavoilla ja analysoimaan eri tietolähteiden argumentointia.</i>
<i>FY6</i>	<i>tutkimuksen tai ongelmanratkaisuprosessin jäsennetty kuvaaminen</i>
<i>FY7</i>	<i>tiedonhankinta, esittäminen ja arviointi.</i>

Sisällöistä ja tavoitteista huomataan, kuinka kokeellisuuden luonnetta lisätään vähin erin kurssien edetessä. Lopulta päädytään tieteellisen raportin tekemiseen ja sen arvioimiseen. Lukion fysiikan opetussuunnitelman kunnianhimoisena tavoitteena on ohjata opiskelijat tekemään fysiikan tutkimuksia tieteellisen metodin mukaisesti. Tässä voisi nähdä LOPS:in (2015) laatijoiden halun ohjata kohti oppivan oppimisen lähestymistapaa, mikä näkyy myös opetussuunnitelman sisältämien ilmiöpohjaisten opintojen painottamisena. Ilmiöpohjaisuus, kokeellinen lähestymistapa ja tutkivan oppimisen lähestymistapa voidaan käsittää likipitään samaksi lähestymistavaksi, silloin kun niiden mielenkiinto sattuu osumaan samaan aihealueeseen. Tällöin oppilas tekee itse kysymyksen asettelua, tutkii ja samalla oppii kokonaisuuksia. Perusteluna tutkivalle oppimiselle käytetäänkin opiskelijassa heräävän mielenkiinnon ja motivaation välistä yhteyttä ja oppimisen taitojen tärkeyttä tulevaisuudessa. Tämä opetussuunnitelman ohjauksessa tapahtuva oppimisprosessi noudattaa triviaalin konstruktivismin mukaista oppimisstrategiaa, jossa hierarkkisesti lisätään tiedon määrää ja abstraktion astetta, opintojen edetessä (Vertaa Bloomin taksonomiaan luku 6.2).

## 6 Ylioppilastutkinto

### 6.1 Ylioppilastutkinto on piilo-opetussuunnitelma

Jukka Hatakka (2016) näkee opetussuunnitelman väljien arvostelukriteerien vahvistavan ylioppilaskirjoituksen roolia opetusta ohjaavana tekijänä:

*Päättökokeiden rooli ja kurssien määrittelemisen väljästi opetussuunnitelman perusteissa näyttävät valitettavasti johtaneen siihen, että ylioppilaskirjoitusten opetusta ohjaava vaikutus on merkittävä. Kun opettajilta puuttuu selkeä valtakunnallinen ohjenuora, tartutaan mielellään siihen, mitä YTL:n fysiikan jaos näyttää pitävän tärkeänä.*

Salmenkivi (2013) esittää laajojen perusteluiden kera vuoden 2003 LOPS mukaisten ylioppilaskirjoitusten ohjaavan lukio-opetusta, varsinkin kokeen korkean panoksen takia ja *backwash*-efektin (arviointi ohjaa opiskelua) takia. Ylioppilaskokeella on kaksinaisrooli päättökokeena ja valintakokeena pelkästään lainsäädännön takia (Salmenkivi 2013). Salmi (2015) näkee ylioppilaskirjoituksen vaikuttavan lukiossa annettavaan opetukseen, sillä opiskelijoiden ja opettajien näkökulmasta kirjoitukset ovat kiintopiste, johon lukio tähtää. Uudessa digitaalisessa ylioppilaskokeessa käytössä olevat ohjelmistot tulevat myös luokkaopetukseen. Myös tämän Salmi (2015) nostaa esille. On oletettavaa, että tietokoneen rooli vahvistuu merkittävästi opiskelussa, niin luokassa kuin kotona. Tästä seuraa perinteisen kynän ja paperin käytön väheneminen. Käytännön kokemuksia sähköisestä kokeesta on Tanskasta ja Hollannista, mutta niiden kokeet eivät hyödynnä tietotekniikkaa tietojenkäsittelyyn (Lahti 2014). Ylioppilastutkintolautakunnan (Lahti 2014) Digabi-projektia varten tilaamasta raportista käy ilmi, että maailmalla käytetyt sähköiset ylioppilaskokeeseen rinnastettavat kokeet ovat kaikki käytännössä monivalintakokeita, tuottamistehtäviä kirjoituskoneella tai näiden yhdistelmiä. Tanskassa tietokone on kirjoituskoneen asemassa ja Hollannissa sitä käytettiin monivalintakokeen toteutusvälineenä. Siten Suomessa ollaan kokeilemassa aivan uutta tapaa mitata lukiossa opittuja, yliopistoihin vaadittavia taitoja. Ei ole olemassa suoraa ennakkotapausta siitä, miten sähköisen

ylioppilaskokeen ohjelmistot muokkaavat opetusta. Matematiikan puolelta löytyy esimerkki, jossa 80 % lukion matematiikan opettajista sanoo graafisten laskimien muokanneen lukio-opetusta niin, että he huomioivat nämä laskimet opetuksessaan (Setälä 2012). Tässä tapauksessa ylioppilastutkintolautakunnan (jatkossa YTL) päätös sallia graafiset laskimet ylioppilaskokeessa on vaikuttanut lukio-opetukseen. Sama vaikutusmekanismi toimii oletettavasti muissakin lukioaineissa. Ylioppilaskirjoituksiin tulevat alkuvaiheessa mukaan seuraavat ohjelmistot (YTL 2016):

2) Ensimmäiseen tuettavaan päätelaitteeseen otetaan mukaan seuraavat ohjelmistot.

- LibreOffice (tekstinkäsittely, taulukkolaskenta, vektorigrafiikka)
- GIMP (kuvankäsittely)
- Pinta (kuvankäsittely)
- InkScape (vektorigrafiikka)
- Dia (vektorigrafiikka)
- wxMaxima (symbolinen laskenta)
- Texas Instruments N-spire (symbolinen laskenta)
- Casio ClassPad Manager (symbolinen laskenta)
- Geogebra (mm. kuvaajat)
- LoggerPro (kuvaajat)

Luettelo digabiin liitetyistä ohjelmistoista (YTL 2016)

Siten käytössä on varsin laaja määrä tietokoneohjelmistoja. Mukaan on selvästi pyritty ottamaan eri valmistajilta samaan tehtävään sopiva ohjelma. Kaikkien ohjelmien käyttöä ei siten edellytetä osattavan.

Kiistaton tosiasia on kuitenkin, että harjoittelemineen parantaa osaamista ja näkyy siten parempina suorituksina. Tämä pätee myös tietokoneohjelmien käyttöön. Siten voidaan kiistatta sanoa Digabi-käyttöjärjestelmään liitettyjen ohjelmien aktiivisen käyttämisen parantavan niiden hallintaa. Fysiikan sähköiseen ylioppilaskokeeseen on kaavailtu sähköisiä aineistoja, mahdollisesti jopa laajoja sellaisia. Aineistojen käsitteleminen edellyttää taulukkolaskennan hallitsemista ja tulosten esittämistä kuvaajien avulla (YTL 2015). Sähköiseen kokeeseen ei pysty liittämään käsin piirrettyä kuvaa, joten se on kyettävä tekemään annetuilla ohjelmistoilla. Näin osasta ylioppilaskokeeseen valituista ohjelmistoista tulee myös osa lukioden arkea. Ylioppilastutkintolautakunta ohjeistaa

sähköisistä kokeista seuraavasti:

*Fysiikassa taustamateriaaleina on jatkossa mahdollista tarjota mittausaineistoja, ääntä, kuvia, videoita ja vuorovaikutteisia simulaatioita.*

*Tausta-aineistojen ja materiaalien avulla voidaan lisätä sähköisessä kokeessa fysiikan kokeellista luonnetta ja ympäröivän luonnon ilmiöiden havainnointia ja fysikaalista selittämistä.*

*Fysiikan kokeessa käytettävissä olevien ohjelmistojen luettelo täydentyy vielä asteittain, mutta ohjelmat ovat tiedossa vähintään kolme vuotta ennen kokeen käyttöönottoa syksyllä 2018. On tärkeää, että kokelas tutustuu työkaluihin etukäteen ja harjoittelee vastauksen laatimista.*

Lukiossa on perusteltua opettaa käyttämään Digabiin liitettyjä ohjelmistoja (YTL 2016), jotta ylioppilaskokelailla on mahdollisuus menestyä ylioppilaskirjoituksissa. Saman toteaa YTL (2015) seuraavasti:

#### ***KÄYTETTÄVÄ TEKNIikka JA OHJELMISTOT***

- *Ylioppilaskokeessa ei testata erikseen tietoteknisiä taitoja, mutta luonnollisesti hyvä työkalujen hallinta helpottaa kokeen suorittamista.*
- *Tärkeää on, että jokainen kokelas löytää itselleen sopivia tapoja vastata jo hyvissä ajoin lukio- opintojensa aikana.*

Yllä olevassa ohjeessa YTL lausuu vielä varovaisesti työkalujen hallinnan helpottavan kokeen suoritusta, mutta samassa reaalikokeen järjestämistä käsittelevässä ohjeistuksessa todetaan (YTL 2015):

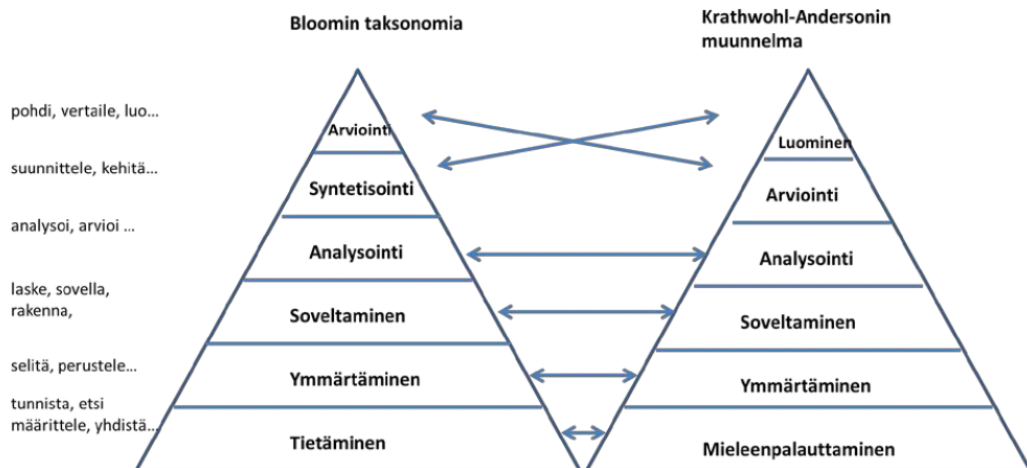
*Fysiikassa arvioidaan opetussuunnitelman perusteissa esitettyjen kurssikohtaisten fysiikan tietojen ja niiden soveltamistaitojen saavuttamista erityisesti matemaattisia malleja käyttäen. Arvioinnin kohteena ovat myös tiedonkäsitteilytaitojen, kokeellisen työskentelyn taitojen sekä muiden opiskelua tukevien taitojen kehittyminen, kuten fysikaalisen ongelman ratkaisuprosessin jäsennetty kuvaaminen.*



Tiedonkäsittelytaidot tässä yhteydessä viittaavat suoraan tietokoneohjelmien käyttämiseen, vaikka sitä YTL ei suoraan sanokaan. Näin ollen digitaalinen ylioppilastutkinto ohjaa entistä enemmän lukio-opetusta ja siinä käytettäviä välineitä ohjelmistoinen. Kokeen suorittamiseen on edelleen aikaa kuusi tuntia. Kokeessa voi YTL (2015) linjausten mukaisesti olla laajoja aineistoja, joita ei ehdi käsittelemään annetun aikarajan puitteissa ilman ohjelmistojen hallintaa. Tämä vaatimus ohjelmistojen hallinnasta korostuu vielä, jos kokeen ajallista pituutta rajataan neljään tuntiin, kuten on ehdotettu (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2017). Täten on ilmiselvää, että YTL määrää, mitä ohjelmistoja pitää käyttää lukio-opetuksessa. Ylioppilastutkinnosta on siten tullut piilo-opetussuunnitelma, jota lukio-opetus toteuttaa.

## 6.2 Fysiikan ylioppilaskokeen rakenne

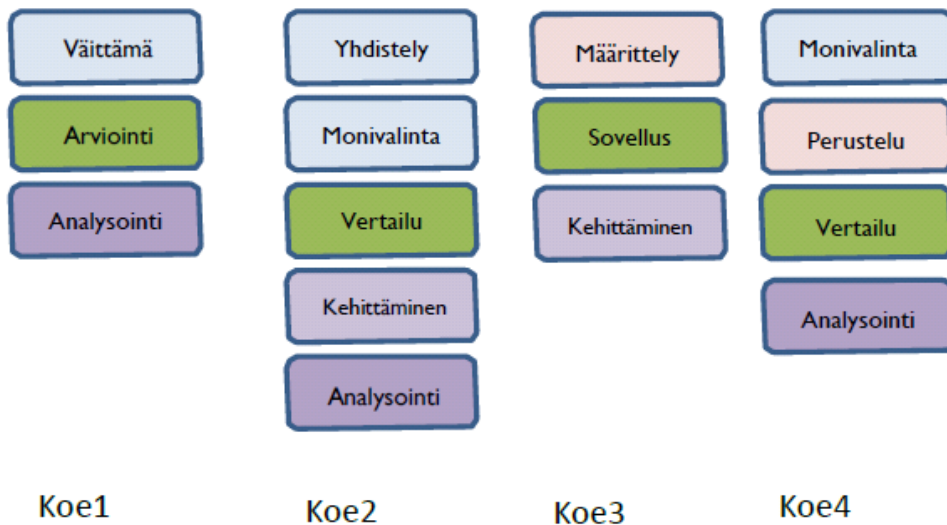
YTL (2015) kuvailee reaalikokeiden ja siten myös fysiikan ylioppilaskokeen rakennetta ja arviointikriteerejä Bloomin taksonomian avulla (kuva 6.1). Bloomin taksonomia on hierarkkinen porrasteoria, jonka mukaan seuraavalle tasolle päästäkseen on osattava alempi taso (Purho 2007; Rauste-von Wright ja von Wright 1994; Lehto J. 2005). Kyseessä on sama logiikka, johon Bloomin *mastery learning* vetoaa. Molempien synnyn taustalla voidaan nähdä behaviorismin vaikutus. Bloom esitteli vuonna 1968 kehittämänsä learning for mastery -menetelmänsä, joka lyheni myöhemmin muotoon mastery learning. Muutamaa vuotta aikaisemmin hänen työryhmänsä oli julkaissut ensimmäisen version Bloomin taksonomiasta (Guskey 2007). Kuvassa 6.1 on YTL:n esittämä versio Bloomin taksonomiasta, jota YTL käyttää perusteluna reaalikokeiden rakenteelle ja arvostelulle.



Kuva 6.1 Bloomin taksonomia ja sen Krathwohl-Anderson muunnos. (YTL 2015)

YTL (2015) esittää kuvassa 6.2, miten sähköinen reaalikoe rakentuu eri tehtävätyyppien avulla uuden opetussuunnitelman mukaiseksi kokonaisuudeksi:

### Esimerkkejä koerakenteista



Kuva 6.2: Esimerkkejä reaalikokeen rakenteesta (YTL 2015)

Tässä kuvassa on huomionarvoista havaita laatikoissa esiintyvien tehtävätyyppien olevan suoraan Bloomin taksonomiasta. Bloomin taksonomiaan siis vedotaan sekä ylioppilaskokeen suunnittelussa, että sen arvostelussa.

### **6.2.1 Fysiikan ylioppilaskoe on triviaalin konstruktivismin mukainen**

Bloomin taksonomia pitää sisällään ymmärryksen tiedon erilaisista tasoista ja niiden välisestä hierarkkisesta rakenteesta. Vertaamalla hahmottavan lähestymistavan sisältämää tiedon hierarkkista abstrahoitusprosessia (kuva 3.4) nähdään molemmissa samankaltainen tietorakenne. Kummassakin lähdetään liikkeelle alemman tason käsitteistä, jotka pitää omaksua ennen seuraavalle tasolle pääsemistä. Bloomin taksonomian hierarkkisuus sopii siten yhteen Kurki-Suonioiden hahmottavan lähestymistavan kanssa ja on sen johdosta yhteensopiva myös triviaalin konstruktivismin kanssa. Sitä vastoin radikaalin konstruktivismin mukaisesti edettäessä voidaan opiskelussa lähteä liikkeelle opiskelijan kulloisenkin mielenkiinnon osoittamasta kohdasta tietorakennetta, ja siten Bloomin taksonomia käsitys tiedon omaksumisjärjestyksestä poikkeaa radikaalin konstruktivismin oppimisjärjestyksestä. Näin ollen opetussuunnitelman (LOPS 2015) yleisen osion mukainen käsitys tiedon rakentumisjärjestyksestä poikkeaa ylioppilaskokeen tavasta testata kokelaan osaamisen tasoja. Saman ongelman perinteisen osaamisen arvioinnin ja radikaalin konstruktivismin mukaisen modernin opiskelijälähtöisen oppimisen välillä nostaa esille myös Leppiniemi (2016) ilmiöpohjaista oppimista käsittelevässä pro gradussaan. YTL:n käyttämä fysiikan ylioppilaskoe on siten luokiteltavissa hierarkkisen oppimiskäsityksen perusteella triviaalin konstruktivismin mukaiseksi.

## 7 Yhteenveto

Lukion opetussuunnitelmat on jo vuosien ajan laadittu noudattaen konstruktivistista oppimiskäsitystä. Fysiikan osalta konstruktivismin lisääminen tarkoittaa kokeellisuuden lisäämistä monin eri muodoin ja työtavoin. Yleisesti ottaen lukion opetussuunnitelman konstruktivismi on luonteeltaan radikaalia konstruktivismia, vaikka sitä ei opetussuunnitelmassa suoraan sanota. Vuoden 2015 opetussuunnitelma on selkeästi enemmän radikaalin konstruktivistinen kuin edeltäjänsä 2003 LOPS. Fysiikan osalta nämä radikaalit vaikutteet tuovat mukanaan itsenäisempinä oppilastöitä ja ilmiöpohjaisen oppimisen ihannointia. Tässä kohtaa ilmiöpohjaisuus tarkoittaa laajempaa, todennäköisesti oppiainerajat ylittävää ilmiötä, eikä pelkästään fysiikkaa, mikä itsessään on pelkää ilmiöiden tutkimista. Ilmiöpohjaisuuden tavoittelu näkyy ennen kaikkea teemaopinnoissa. Fysiikan osalta lukion opetussuunnitelma (LOPS 2015) näyttää kuitenkin suurelta osin triviaalin konstruktivismin mukaiselta, vaikka yleisesti opetussuunnitelma julistaa radikaalia tulkintaa konstruktivistisesta oppimiskäsityksestä. Radikaalin konstruktivismin mukainen fysiikan opiskelu johtaa ongelmiin ja syy on ilmeinen. Opiskelijan pitäisi itsenäisesti rakentaa koko fysiikan maailmankuva ja mielellään osata tehdä se vielä oikeassa järjestyksessä, jotta oppiminen olisi edes aavistuksen tehokkaampaa. Tämän lisäksi fysiikan hierarkkinen tietorakenne edellyttää etenemissuuntaa, jossa lähdetään havainnoista kohti teoriaa. Tämä pakottaa opiskelemaan fysiikkaa fysiikan tietorakenteen määrittämässä järjestyksessä. Väärästä kohtaa aloittaminen palauttaa opiskelijan takaisin fysikaalisen tiedon alkulähteille, eli hahmottamaan ilmiöitä. Tällöin puuttuva tietomäärä saattaa olla opiskelijalle liian suuri omaksuttavaksi järjellisessä ajassa. Fysiikan opetussuunnitelman laatijat ovat ilmeisesti tiedostaneet tämän ja pitäneet kiinni konstruktivismin triviaalista tulkinnasta.

Fysiikan opetussuunnitelman tekemisessä on selvästi käytetty lähtökohtana hahmottavaa lähestymistapaa. Hahmottava lähestymistapa noudattaa pitkälle triviaalin konstruktivismin periaatteita. Triviaalin ja radikaalin konstruktivismin keskeinen ero fysiikan kannalta löytyy niiden suhtautumisesta tietoon. Triviaali

konstruktivismi pitää sisällään objektiivien tiedonkäsityksen, kun radikaalissa konstruktivismissa on jokaisella oma relativistinen totuutensa. Triviaalin konstruktivismin mukaisessa opetuksessa opettajan rooli ohjaamassa ennalta valitussa järjestyksessä oikean tiedon lähteille on huomattavasti suurempi, kuin radikaalin konstruktivismin mukaisessa opetuksessa (**oppimisessa**, sillä radikaalissa konstruktivismissa ei opeteta vaan opiskelijat oppivat).

Opetussuunnitelman (LOPS 2015) yleisen oppimiskäsityksen mukaisesti tulkittu käsitys oikeasta tiedosta subjektiivisena kokemuksena, johtaisi koko fysiikan opetuksen kestäättömälle pohjalle, sillä tiedosta tulisi mielipidekysymys. Uuden (LOPS 2015) opetussuunnitelman mukaan fysiikka tulee siis opettaa hahmottavan lähestymistavan kaltaisesti triviaalia konstruktivismia mukaillen. Tästä huolimatta opetussuunnitelma on peruseriaatteiltaan radikaalin konstruktivistinen. Teemaopinnoissa opiskelija pääsee toteuttamaan itseään radikaalin konstruktivismin hengessä ja tarvittaessa soveltamaan fysiikkaa.

Taulukossa 7.1 on koottuna vuosien 2003 ja 2015 opetussuunnitelmissa ilmenevät konstruktivismin alalajit niin, että kaikille yhteinen ja fysiikan ainekohtainen osuus on luokiteltu erikseen. Lisäksi taulukkoon on liitetty ylioppilastutkintolautakunnan reaalikokeen ohjeistuksesta (YTL 2015) päätelty tulkinta fysiikan ylioppilaskokeen sisältämästä oppimiskäsityksestä.

LOPS 2003 ja 2015 luokittelu konstruktivismin alalajeihin			
	Triviaali konstruktivismi	Radikaali konstruktivismi	Sosiaalinen konstruktivismi
LOPS 2003 yleiset ohjeet	*	***	*
LOPS 2003 fysiikan osuus	***		
LOPS 2015 yleiset ohjeet	*	***	*
LOPS 2015 Fysiikan osuus	***		
YTL 2015 reaali	***		

Taulukko 7.1: Yhteenveto opetussuunnitelmien konstruktivismeista

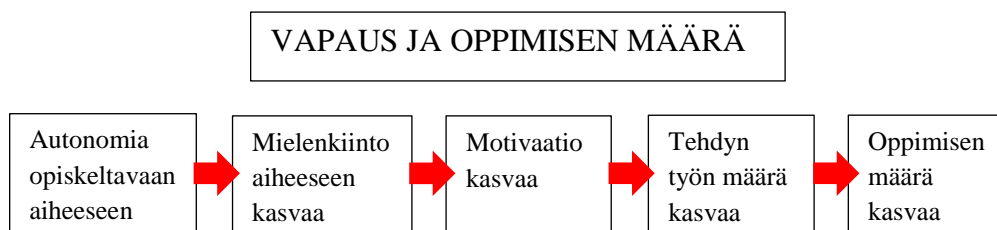
Huomionarvoista on tiedostaa vuoden 2015 opetussuunnitelman olevan ristiriidassa itsensä kanssa, kun kaikkia aineita koskeva osio on kirjoitettu radikaalin konstruktivismiin mukaisesti ja saman opetussuunnitelman fysiikan osio on triviaalia konstruktivismia. Oman mausteensa tähän ristiriitaan tuo Ylioppilastutkintolautakunta, jonka tapa testata fysiikan osaamista (reaalikokeessa) on triviaalin konstruktivismin mukainen. Mielenkiintoista olisi myös tietää, miten muiden aineiden osiot suhteutuvat lukion opetussuunnitelman perusteiden edustamaan radikaaliin konstruktivismiin.

Kokeellisuuden toteuttaminen pelkästään oppilastöinä merkityksiä luovan kokeellisuuden avulla tekee fysiikan oppimisesta todella haastavaa opiskelijoille ja opettajille. Kuten Kaarle ja Riitta Kurki-Suonio ovat todenneet, fysiikan tietorakenteen tuottamiseen on kulunut maailman viisaimmilta fyysikoilta vuosisatoja (Kurki-Suonio, K. ja R. 1994). Miten opiskelijan voidaan olettaa tuottavan samat tulokset rajallisten oppituntien aikana? Kokeellisesti haluttuihin teorioihin ja johtopäätöksiin pääseminen edellyttää usein tarkkaan valittua koetta. Vastuuta tarvittavien kokeiden valinnasta ei tällöin voida ulkoistaa opettajalta opiskelijalle fysiikan kokeellisuuden nimissä ja radikaalin konstruktivismin hengessä.

Vuoden 2015 opetussuunnitelmassa esiintyvä vaade tutkivasta oppimisesta näkyy fysiikassa kurssien keskeisissä sisällöissä kerrostuvana ja läpäisevänä teemana. Fysiikan opettaminen pelkkien tutkimusprojektien avulla jättää käsitteiden rakentumisen valtaosin heitteille. Opetustapa, jossa opettaja vain katsoo sivusta ja ohjaa projektia on tehoton tapa opiskella fysiikan käsitteitä. (Hakkarainen, K. & al 2004). On siten perusteltua opettaa fysiikan kokeellinen prosessi lukion opetussuunnitelman opastamana, kurssien edetessä laajenevin oppilastöin, mutta käyttää muita työtapoja varsinaiseen käsitteistön opettamiseen. Yksittäisten käsitteiden opettaminen tutkivan oppimisen mukaisesti oppilastöillä vie liian paljon aikaa oppitunneista, jolloin kaikkia muita opittavia käsitteitä ei ehditä käsitellä samalla metodilla. Näitä näkemyksiä tukevat myös Juutin (2002) esittämät näkemykset tutkivan oppimisen mahdollisuuksista fysiikan opetuksessa. Myös Juutin näkemys tutkivasta oppimistavasta on kriittinen. Hänen mukaansa käsitteiden syvällinen ymmärtäminen

vaatii tutkivasta oppimistavasta poikkeavan lähestymistavan, tai ainakin opettajan roolin kasvattamista merkittävästi.

Useissa lähteissä (Tynjälä 1999; Puolimatka 2002; Rauste-von Wright, von Wright 1994; von Glasersfeld 1998) ainoana selkeänä perusteluna radikaalille konstruktivismille ja sen hengessä toteutetuille ilmiöpohjaisille projekteille esitetään opiskelijan autonomian tuoma mielenkiinto opiskeluun ja sen seuraukset (Katso kuva 7.1).



Kuva 7.1 Opiskelijan autonomia lisää oppimisen määrää.

Opiskelijan autonomia lisää mielenkiintoa opiskeluun. Mielenkiinto lisää motivaatiota. Motivaatio lisää opiskeluun käytetyn työn määrää ja työn määrä on verrannollinen opitun sisällön määrään. On päästy päätelmään, että opiskelijan autonomia lisää oppimisen määrää (Applefield ym. 2000/2001; von Glasersfeld 1998; Puolimatka 2002; Rauste-von Wright, von Wright 1994; Tynjälä 1999). Ongelmana on vain fysiikan tietorakenne, jonka opiskelua ei voida aloittaa mielivaltaisesta kohdasta sen hierarkkisen kerrostuneisuuden takia. Tähän tulkintaan päätyi myös Juuti (2002).

Lukion fysiikan opetussuunnitelma (2015) on triviaalin konstruktivismin mukainen ja saman opetussuunnitelman yleinen osio on kirjoitettu radikaalin konstruktivistisen tulkinnan mukaan. Tästä herää mielenkiinto muita lukion matemaattisten aineiden opetussuunnitelmia kohtaan. Poikkeavatko nekin opetussuunnitelman käyttämästä radikaalista konstruktivismista, sillä näihin aineisiin liittyy myös selkeä hierarkkinen tietorakenne.

Alkuperäinen mielenkiinto tähän tutkimukseen lähti liikkeelle halusta analysoida lukion fysiikan kirjoja verraten niitä toisiinsa ja opetussuunnitelmaan. Tämä opinnäyte eteni radiaalinen konstruktivismin mukaisesti, sillä alkuperäinen tavoite palautti opiskelijan tietorakenteen juurille, josta piti rakentaa teoriakokonaisuus kohti alkuperäistä tavoitetta. Työ taustateorian kokoamiseksi osoittautui sen verran suureksi, että fysiikan oppikirjojen analysointi tätä teoriaa vasten jäi tekemättä. Tähän pro gradu - tutkielmaan on koottu yksiin kansiin fysiikan opetuksen keskeiset konstruktivismin alalajit ja niiden ilmeneminen lukion fysiikan opetussuunnitelmassa.



## Lähteet

- Ahonen, T., (2005). *Historiaan pohjautuva lähestymistapa kemian opetuksessa*.  
<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/ahonen-t-2005.pdf>. Pro Gradu,  
Helsingin Yliopisto.
- Ahtee, M., Kankaanrinta, I-K. & Virtanen, L. (1994). *Luonnontieto koulussa*. Otava,  
Helsinki.
- Applefield, J., Huber, R., & Moallem, M. (2000/2001). *Constructivism in theory and practice: Toward a better understanding*. *The High School Journal*, 84(2), s.35–53.
- Ernest, P., (1994). Social constructivism and the psychology of mathematics education. teoksessa: Ernest E. (ed.) *Constructing mathematical knowledge: Epistemology and mathematics education*. <http://www.univie.ac.at/constructivism/archive/fulltexts/3655.html>. Falmer Press, London s. 68–79.
- von Glasersfeld, E. (1998). Cognition, Construction of Knowledge, and Teaching. Teoksessa Michael R. Matthews (toim.) *Constructivism in Science Education*. Kluwer Academic Publishers, London s. 11–30.
- von Glasersfeld, E. (2000). Problems of constructivism. Teoksessa L. Steffe & P. Thompson (toim.) *Radical constructivism in action*. <http://www.univie.ac.at/constructivism/EvG/papers/233.pdf> London: Routledge Falmer.
- Guskey, T. (2007). Closing Achievement Gaps: Revisiting Benjamin S. Bloom’s “Learning for Mastery”. <http://tguskey.com/wp-content/uploads/Mastery-Learning-5-Revisiting-Blooms-Learning-for-Mastery.pdf> (luettu 15.9.2017). *Journal of Advanced Academics*, 19, s. 8–31
- Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L., (2004). *Tutkiva oppiminen*. WSOY, Helsinki.
- Hatakka, J., Saari, H., Sirviö, J. & Viiri, j., (2014). *Physica 5 Pyöriminen ja gravitaatio*. Sanoma Pro, Helsinki.
- Hatakka, J., (2016). *Lukion fysiikan OPS muutosten edessä*. <http://www.edimensio.fi/content/lukion-fysiikan-ops-muutosten-edess%C3%A4>. Dimensio 6/2015.
- Holopainen, M., (2012). *Tiedon omaksujista tiedon rakentajiksi: Tutkiva oppiminen ja Pietarin muuttoliike historian oppikirjoissa ja opetussuunnitelmissa sekä oppilaiden tiedon prosessointi tutkivan oppimisen opetuskokeilussa*. Pro Gradu, Itä-Suomen yliopisto, Joensuu.
- Joutsenlahti, J., (2005). *Lukiolaisen tehtäväorientoituneen matemaattisen ajattelun piirteitä*. Väitöskirja, Tampereen Yliopisto.

- Juuti, K., (2002). *Tutkiva opiskelu fysiikassa ja kemiassa* <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10224/4599/juuti34-37.pdf?sequence=2>. Dimensio 66/5, s. 34–37.
- Lahti, J., Heinonen, S., Siira, E., Lattu, M., (2014). *Korkean panoksen sähköiset kokeet maailmalla*. [https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston\\_tiedostot/Raportit\\_tutkimukset/digabi\\_tyoraportti\\_2013-08.pdf](https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston_tiedostot/Raportit_tutkimukset/digabi_tyoraportti_2013-08.pdf) (luettu 9.6.2017). Ylioppilastutkintolautakunta.
- Lehto, J., (2005). *Konstruktivismi peruskoulun didaktiikan ohjenuoraksi? Kriittinen katsaus eräisiin suomalaisiin sovellutuksiin*. Kasvatus 36 (1), 7–19.
- Lehto, L. & Luoma, T., (1997). *Fysiikka 3 Mekaniikka lämpö ja energia*. Kirjayhtymä, Helsinki.
- Leppimiemi, H., (2016). *Ilmiö nimeltä ilmiöpohjainen oppiminen. Opettajien käsityksiä ilmiöpohjaisesta oppimisesta*. Pro gradu. Tampereen Yliopisto.
- Kragh, H., (1998). Social Constructivism, the Gospels of Science and the Teaching of Physics. Teoksessa Michael R. Matthews (toim.) *Constructivism in Science Education*. Kluwer Academic Publishers, London s. 125–137.
- Kurki-Suonio, K. ja R., (1994). *Fysiikan merkitykset ja rakenteet*. Limes ry, Helsinki.
- Kurki-Suonio, K. ja R., (1988). *Kokeellisen ja teoreettisen lähestymistavan tuntomerkit fysiikan opetuksessa*. Dimensio 52, 1/1988, 14–19.
- LOPS (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. [http://www.oph.fi/download/47345\\_lukion\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2003.pdf](http://www.oph.fi/download/47345_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2003.pdf). Opetushallitus 27.8.2003.
- LOPS (2015). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015*. [http://www.oph.fi/download/172124\\_lukion\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_2015.pdf](http://www.oph.fi/download/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf). Opetushallitus 27.10.2015.
- Mannila, K., (2000). *Kokeellisuus ala-asteen ympäristö- ja luonnontiedon opetuksessa*. Pro gradu. Helsingin Yliopisto.
- Mäntylä, T., (2003). *Sähkövirran opetusmallit lukiossa*. Pro gradu. Helsingin Yliopisto.
- Nersessian, N., (2002). Maxwell and "the Method of Physical Analogy": Model-based reasoning, generic abstraction, and conceptual change. Teoksessa: Malament, D. (Toim.): *Reading Natural Philosophy: Essays in the History and Philosophy of Science and Mathematics*. Open Court, Chicago, 129–166.
- Nola, R., (1998). Constructivism in science and science education: A philosophical critique. Teoksessa Michael R. Matthews (toim.) *Constructivism in Science Education*. Kluwer Academic Publishers, London s. 31–59.

- Opetus- ja kulttuuriministeriö (2017). *Gaudeamus igitur - ylioppilastutkinnon kehittäminen*. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-462-7>.
- Peura, P., (2012). *Tehottoman ja epätasa-arvoisen opetuskulttuurin haastaja: mastery learning menetelmä kaventaa osaamistasokuilua*. [http://maot.fi/\\_wp/wp-content/uploads/2012/05/Mastery-learning.pdf](http://maot.fi/_wp/wp-content/uploads/2012/05/Mastery-learning.pdf)(luettu 20.1.2017).
- Puolimatka, T., (2002). *Opetuksen teoria konstruktivismista realismiin*. Tammi, Helsinki.
- Purho, S., (2007). *Opetussuunnitelmateorian kehitys A. V. Kellyn tuotannossa 1977 ja 2004*. <https://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/78580/gradu02234.pdf?sequence=1>. Pro Gradu. Tampereen Yliopisto.
- Rauste-von Wright, M., von Wright, J., (1994). *Oppiminen ja koulutus*. WSOY, Helsinki.
- Salmenkivi, E., (2013). *Ylioppilastutkinnon rakenne- ja reaalikoeuudistusten vaikutuksia: miten lisääntynyt valinnaisuus ohjaa lukiolaisia*. Kasvatus & Aika 7, 24–39.
- Salmi, T., (2015). *Sähköinen ylioppilaskirjoitus ja sen vaikutus matematiikan opetukseen matematiikan opettajan näkökulmasta*. Pro Gradu, Helsingin yliopisto.
- Setälä, M., (2012). *Tuloksia MAOL:n CAS-kyselystä*. <https://ouluma.fi/2012/10/tuloksia-maoln-cas-kyselysta/> (luettu 8.6.2017).
- Sexl, R., (1981). Some observations Concerning the Theaching of the Energy Consept. *European Journal of Science Education*, vol. 3 285–289.
- Tenitz, S., (2009). *LISÄLEHDET JUONTO-PROJEKTIIN: FYSIIKAN OPETUKSEN TUTKIMUS JA KONSTRUKTIVISMI MAATALOUS-METSÄ-TIETEELLISEN TIEDEKUNNAN OPETUKSESSA*. [http://www.helsinki.fi/~slahtine/mmtdkfys\\_2.pdf](http://www.helsinki.fi/~slahtine/mmtdkfys_2.pdf) (luettu 31.3.2017). Helsingin Yliopisto.
- Toivanen, A., (2012). *Yksilöllisen oppimisen malli Martinlaakson lukion matematiikan opetuksessa*. Pro Gradu, Helsingin Yliopisto.
- Tynjälä, P., (1999). *Oppiminen tiedon rakentamisena: Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Tammi, Helsinki.
- YTL (2015). *SÄHKÖINEN YLIOPPILASTUTKINTO – REAALIAINEET*. [https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston\\_tiedostot/Sahkoinen\\_tutkinto/fi\\_sahkoinen\\_reaali.pdf](https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston_tiedostot/Sahkoinen_tutkinto/fi_sahkoinen_reaali.pdf) (Luettu 14.11.2016).
- YTL (2016). *SÄHKÖINEN YLIOPPILASTUTKINTO – MATEMATIIKKA*. [https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston\\_tiedostot/Sahkoinen\\_tutkinto/fi\\_sahkoinen\\_matematiikka\\_28.11.2016.pdf](https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston_tiedostot/Sahkoinen_tutkinto/fi_sahkoinen_matematiikka_28.11.2016.pdf) (luettu 15.8.2017).
- Vygotsky, L. S., (1978). *Mind in Society*. <http://ouleft.org/wp-content/uploads/Vygotsky-Mind-in-Society.pdf>. Cambridge, Harvard University Press.